



Pro gradu -tutkielma  
Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehto

Lukiolaisten käsityksiä luonnontieteellisen tiedon luonteesta

Tapio Rasa

26.9.2017

Ohjaajat: Kalle Juuti, Ismo Koponen

Tarkastajat: Kalle Juuti, Ismo Koponen

HELSINGIN YLIOPISTO  
FYSIIKAN LAITOS

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)  
00014 Helsingin yliopisto



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

MATEMAATTIS-LUONNONTIETEELLINEN TIEDEKUNTA  
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA FAKULTETEN  
FACULTY OF SCIENCE

Tiedekunta – Fakultet – Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree programme Fysiikka, fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehto	
Tekijä – Författare – Author Tapio Rasa			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Lukiolaisten käsityksiä luonnontieteellisen tiedon luonteesta			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro Gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year 26.9.2017	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 65+2
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Lukiolaisten käsityksiä luonnontieteellisen tiedon luonteesta tutkittiin kahdeksan teemahaastattelun keinoin. Aineistosta pyrittiin havaitsemaan ja tyypittelemään opiskelijoiden käsityksiä luonnontieteellisen tiedon varmuudesta ja varmuuden tunnistamisesta, pysyvyydestä ja muuttuvuudesta sekä subjektiivisuudesta ja objektiivisuudesta. Tutkimuksen taustalla on aiempien tieteellisen tiedon luonteeseen liittyvien käsitysten tutkimus sekä tällaisten tutkimusten sisältämä käsitys luonnontieteellisen tiedon piirteistä.</p> <p>Opiskelijat näkivät luonnontieteellisen tiedon yleisesti ottaen varmana ja induktiivisesti todistettuna. Tieto samastettiin luonnon säännönmukaisuuksien tunnistamiseen, missä kokeiden merkitys on varmistaa ilmiön toistuvuus. Tiedon varmuuden ideaali saatettiin myös problematisoida, jolloin tieto voitiin nähdä luonteeltaan tentatiivisena. Esimerkiksi Bohrin atomimalli nähtiin ”tutkittuna tietona” pikemminkin kuin ilmiötä selittävänä mallina.</p> <p>Tieteellinen tieto nähtiin luonteeltaan muuttuvana ja ainakin periaatteessa epävarmana. Tiedon nähtiin muuttuvan ensisijaisesti tarkemmaksi ja paremmaksi. Teorioiden nähtiin myös muuttuvan tiedoksi. Tieteellisen tiedon muutokset liitettiin kehittyvään mittausteknologiaan ja uusien ilmiöiden tunnistamiseen. Opiskelijat eivät juuri osanneet esittää esimerkkejä tieteellisen tiedon muutoksista. Tyypillisin esimerkki oli kopernikaaninen vallankumous.</p> <p>Tieteellinen tieto nähtiin lähinnä objektiivisena, eikä tulkinnan, taustateorioiden tai inhimillisen ajattelun vaikutusta tieteeseen useimmiten tunnistettu. Tieteellisen tutkimuksen katsottiin usein olevan suoraviivaisessa yhteydessä yhteen objektiiviseen todellisuuteen. Toisaalta esimerkiksi Bohrin atomimalli tiedostettiin epätäydelliseksi ja ihmisen tarpeisiin luoduksi.</p> <p>Lisäksi havaittiin opiskelijoiden olevan kykeneviä käymään abstraktin tason keskustelua luonnontieteellisen tiedon luonteesta ja esittämään perusteluja käsityksilleen.</p> <p>Tieteen luonteeseen liittyvän opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa on jo pitkään painotettu episteemisten tarkastelukulmien merkitystä osana tiedeopetusta. Yhdyn tutkimuseni perusteella tähän huoleen. Tiedeopetuksen tulee sisältää tieteellisen tiedon luonteen käsittelyä, jotta opiskelijoiden riittävä tieteellinen lukutaito voidaan taata.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Haastattelututkimus, opiskelijoiden käsitykset, NOS, NOSK, tieteellinen tieto			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 NOSK OSANA OPETUSTA JA OPPIMISTA</b>	<b>3</b>
2.1 Tieteenfilosofisia lähtökohtia	3
2.2 Episteeminen kognitio ja episteemiset resurssit	6
2.3 NOSK-käsitykset opetuksessa	7
2.4 NOSK-käsitysten merkitys oppimiselle ja koulutukselle	10
<b>3 NOSK-KÄSITYSTEN TYYPPIPIIRTEET</b>	<b>14</b>
<b>4 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT</b>	<b>19</b>
4.1 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen suunnittelu	19
4.2 Haastattelututkimuksen lähtökohdat ja haasteet	20
<b>5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS</b>	<b>24</b>
<b>6 TULOKSET</b>	<b>27</b>
6.1 Tieteellisen tiedon varmuus ja varmuuden tunnistaminen	27
6.1.1 Varma tieteellinen tieto	27
6.1.2 Kokeiden merkitys tiedon varmuudelle	31
6.1.3 Teorian ja tiedon suhde	33
6.1.4 Bohrin atomimallin asema tieteellisenä tietona	37
6.2 Tieteellisen tiedon pysyvyys ja muuttuvuus	39
6.3 Tieteellisen tiedon subjektiivisuus ja objektiivisuus	45
<b>7 TULOSTEN TARKASTELUA</b>	<b>54</b>
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>60</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>62</b>
<b>LIITE 1: HAASTATTELURUNKO</b>	

# 1 JOHDANTO

Fysiikan opetus on osa tiedekasvatusta. Tiedekasvatuksen tavoitteena on antaa opiskelijalle tieteellistä tietoa ja välineitä tieteellisen tiedon omaksumiseen, arvioimiseen, käyttämiseen ja mahdollisesti tuottamiseen. Samaan aikaan tiedekasvatuksen tehtävä on ohjata opiskelijaa muodostamaan käsitys siitä, mitä tiede tai tieteellinen tieto on. On yleistä keskittyä tarkastelemaan sitä, miten hyvin opiskelijat oppiaineen ja tieteenalan sisältöjä tuntevat, mutta on myös tärkeää ymmärtää, millaisia käsityksiä tieteen tai tieteellisen tiedon luonteesta eri koulutusasteiden opiskelijoilla on.

*Tieteen luonteella* (engl. *nature of science*, NOS) tarkoitetaan tieteenfilosofista käsitystä siitä, mitä tiede on tai millaisia arvoja ja oletuksia tieteelliseen toimintaan ja tieteellisen tiedon syntyprosesseihin liittyy. Termiä käytetään kuvaamaan sekä kysymyksiä tieteen luonteesta että erilaisia pyrkimyksiä vastata näihin kysymyksiin tai keskustella niistä. Luonnontieteiden opetuksen NOS-tutkimuksessa pyritään yleensä vastaamaan kysymyksiin siitä, millä tavoin tieteenfilosofiset näkökulmat tieteen tai tieteellisen tiedon luonteesta näkyvät luonnontieteiden opetuksessa ja oppimisessa. NOS-tutkimus kattaa opiskelijoiden tiedeasenteiden sekä episteemisten ja sosiotieteellisten näkemysten tutkimuksen. Tässä tutkielmassa keskitytään tarkastelemaan opiskelijoiden käsityksiä *tieteellisen tiedon* luonteesta (engl. *nature of scientific knowledge*, NOSK).

Vuonna 2016 voimaan astuneiden Lukion opetussuunnitelman perusteiden (LOPS, Opetushallitus 2015) mukaan lukion fysiikanopetuksen on tuettava ”luonnontieteellisen ajattelun sekä maailmankuvan kehittymistä” ja opiskelijan kokemusten, havaintojen ja näkökulmien muokkautumista ”johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi kohti fysiikan teorioiden mukaista käsitystä ympäröivästä todellisuudesta”. Toisaalta fysiikan “[o]petus ohjaa luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen, ideointiin, vuorovaikutukseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen arviointiin”, kun opiskelija ”ymmärtää, kuinka luonnontieteellinen tieto rakentuu kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta” ja ”ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa.” (Opetushallitus 2015: 152)

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan, millaisia muotoja opiskelijoiden käsitykset luonnontieteellisen tiedon luonteesta ottavat. Tutkimukseni asettuu LOPSin asettamien tavoitteiden, tieteeseen liittyvien käsitysten tutkimuksen, episteemisen kognition tutki-

muksen sekä lukiolaisten omien ajatusten ja kokemusten leikkauspisteeseen. Tutkielmani ytimessä on kahdeksan toteuttamani teemahaastattelun kartuttaman yhtenäisen aineiston sisällönanalyysi. Käytännössä tämä tarkoittaa opiskelijoiden esittämien käsitysten kuvailua ja tyypittelyä aiempiin samantyyppisiin tutkimuksiin verraten.

Toisena keskeisenä rajauksena olen kohdistanut tutkimukseni nimenomaan *luonnontieteellistä* tietoa koskeviin käsityksiin, ja tutkielmassani tieteestä puhuttaessa puhutaankin poikkeuksetta luonnontieteestä. Koska tutkimukseni koskee lukio-opiskelijoiden käsityksiä, soveltaa tutkimukseni lukion oppiaineiden jaottelua. Luonnontieteellisiksi oppiaineiksi voidaan katsoa fysiikka, kemia, biologia sekä jossain määrin maantieto ja psykologia – tämä ilmenee myös LOPSin tavoitteissa (Opetushallitus 2015). Näistä oppiaineista olen keskittynyt erityisesti fysiikkaan sekä tutkimuksen teoreettisen pohjan ja aiemman tutkimuksen soveltamisen että oman tutkimusasetelmani osalta. Samanlainen suuntaus on havaittavissa sekä NOS-tutkimuksessa että LOPSin tavoitteissa, joissa esimerkiksi mallien ja todellisuuden suhteeseen ja tieteellisen tutkimusprosessin kuvaukseen liittyvät opetukselliset tavoitteet on sijoitettu fysiikan opetukseen.

## 2 NOSK OSANA OPETUSTA JA OPPIMISTA

Historian aikana on esiintynyt useita käsityksiä siitä, mitä tiede on ja mitä se tavoittelee. Tätä tieteen määrittämisen prosessia osaltaan tarkastelee ja osaltaan ohjaa tieteenfilosofia, joka pyrkii vastaamaan kysymyksiin siitä, mitä tiede on ja mitä sen tulisi olla. Olenkin tutkimushaastatteluissani ikään kuin asettanut lukiolaiset tällaiseen tieteenfilosofin rooliin. Toisaalta oppimisen ja kehittymisen vaikutukset tiedon luonteeseen liittyviin käsityksiin ovat olleet niin kasvatusta ja oppimispsykologian, yleisen kasvatustieteen kuin ainedidaktiikan tutkimuskohteena (Lakin & Wellington 1994, Sandoval ym. 2016).

Tässä luvussa esittelen tutkimukseni teoreettisia taustatekijöitä ja laajempaa kontekstia. Ensin esittelen tieteenfilosofisia lähtökohtia, joita vastaan olen opiskelijoiden käsityksiä peilannut. Vaikka tieteen määrittely on itsessään problemaattista, on tieteellisen tiedon luonteeseen liittyvien käsitysten tutkimiseen valittavissa sopivan yksinkertainen tieteenfilosofinen lähtökohta. Tarkastelen myös lyhyesti episteemisen kognition käsitettä: mitä kehittyvän ihmisen tietokäsityksien tutkiminen tarkoittaa? Lisäksi tarkastelen, millaisia yhteyksiä on esitetty NOSK-käsitysten ja opetuksen, opetusmenetelmien sekä konstruktivistisen oppimiskäsityksen välille sekä mitä merkityksiä NOSK-käsityksillä ja näiden tutkimuksella on niin yksilön kuin yhteiskunnankin kannalta.

Tarpeettoman toiston ja hankalien lauserakenteiden välttämiseksi käytän runsaasti lyhenteitä NOS ja NOSK. Termillä ”NOS-käsitys” tarkoitan aina opiskelijan käsityksiä tieteen luonteesta, ”NOS-tutkimus” taas viittaa näiden käsitysten tutkimukseen. ”NOSK-käsitys” ja ”NOSK-tutkimus” tarkentuvat nimenomaan tieteelliseen tietoon liittyviin käsityksiin ja näiden tutkimukseen, jolloin esimerkiksi tieteen yhteiskunnallisten kytkösten tarkastelu suljetaan pois. NOSK-käsitysten tarkastelussa keskityn ensisijaisesti kysymykseen siitä, mitä tieteellinen tieto on ja mikä siitä tekee tieteellistä.

### 2.1 Tieteenfilosofisia lähtökohtia

Tiede on käsitetty eri aikakausina ja eri kulttuureissa eri tavoin. Tieteenfilosofiassa on sittemmin pyritty muodostamaan tieteelle määritelmää tai määrittävää piirrettä; tämä onkin yksi, joskin vain yksi, tieteenfilosofian perusongelmista. Kysymys kytkeytyy läheisesti ”tieteellisen tiedon” määrittämiseen. Yleisesti tieteeseen liitetään tutkimus-

sen, uuden tiedon luomisen ja luotettavuuden mielikuvia, mutta tieteen tarkka määrittely ja rajaaminen on tunnetusti hankalaa. Tiede voidaan esimerkiksi nähdä sekä luontoa, ihmistä ja yhteiskuntaa tutkimalla saavutetun tiedon systemaattisena kokonaisuutena että prosessina, jossa tällaista tietoa systemaattisesti tavoitellaan (ks. esim. Niiniluoto & Haaparanta 2016). Tämä määritelmä jättää kuitenkin monia kysymyksiä avoimiksi: millaista on tämä tieteellinen tutkimus, ja mikä erottaa tieteellisen tiedon muusta tiedosta? Hoyningen-Huene (2013) on laatinut perusteellisemman määritelmän tieteelle luokittelemalla tieteellisen tiedon ominaispiirteitä ja esittämällä, että näitä kaikkia yhdistää edelläkin mainittu systemaattisuus. Hoyningen-Huene ei kuitenkaan juuri ota kantaa kysymykseen siitä, mitä epistemologisia oletuksia tieteessä tehdään. Onko tällä tavalla systemaattisen prosessin tuottama tieto vahvasti ja yksiselitteisesti määriteltävissä tieteelliseksi? Ajatellaan tieteellisen tiedon olevan ainakin jossain määrin luotettavaa, mutta miksi näin on?

Keskustelu luonnontieteellisen tiedon luonteesta ei rajoitu pelkästään tieteenfilosofiseen tutkimukseen. Samat perustavanlaatuiset kysymykset ovat väistämättömiä myös NOS-tutkimuksessa, ja niinpä tiedekasvatuksen ja -käsitysten tutkimuksen on löydettävä näihin kysymyksiin omat vastauksensa (mm. Eflin ym. 1999, Brickhouse ym. 2000, Kang ym. 2005, Abd-El-Khalick 2005). Erityisesti fysiikan opetuksen tutkimuksessa ollaankin pitkään oltu kiinnostuneita opiskelijoiden käsitysten ja tieteellisten mallien ja ajattelutapojen vastaavuudesta, ja on tieteenfilosofinen kysymys, kuinka yksiselitteisesti opiskelijoiden tavat hahmottaa luontoa voidaan luokitella ”oikeisiin” ja ”väärin” (Cobern 1991, Burbules & Linn 1991). Tällainen problematiikka tulee yhä ilmeisemmäksi, kun emme keskustele opiskelijoiden tieteellisten tietosisältöjen hallinnasta vaan tieteen luonteeseen itseensä liittyvistä käsityksistä. Kun NOS-tutkimuksessa liitetään opiskelijoiden näkemyksiin termejä kuten ”kypsä” ja ”nאייבי”, on tehtävä selväksi, millainen tieteenfilosofinen vertailukohta (”*kenen* NOS”) käsityksille on tällöin valittu (Alters 1997:39). Onkin huomautettu, että NOS-tutkimuksessa olisi erotettava, onko tutkimuskohteena opiskelijan maailmankatsomus vai tieteen luonnetta koskeva perusymmärrys (Hogan ym. 2000).

Ratkaisua oikeanlaisen tiedekäsityksen määrittelyyn liittyviin ongelmiin on haettu muun muassa NOS-tutkimuksen ja tieteenfilosofian välisen diskurssin lisäämisestä (Eflin ym. 1999). Useat NOS-tutkijat ovat myös esittäneet, että lukiolais-ten NOS-käsitykset erottuvat kyllin selvästi kaikenlaisista nykyaikaisista tiedekäsityksistä, jolloin näille voidaan muodostaa jonkinlaisia vertailukohtia tekemättä kovin kiistanalaisia tieteenfilosofisia väittämiä. NOS-käsityksen ja -opetuksen tutkimuksen

yhteydessä esimerkiksi Meyling (1997), McComas ym. (1998), Lederman ym. (2002) ja Abd-El-Khalick (2005) ovat listanneet tieteen piirteitä, joista ollaan kyllin yksimielisiä ja jotka ovat opiskelijoiden näkemysten ymmärtämisessä kyllin relevantteja, jotta niitä voidaan pitää lähtökohtana NOS-tutkimukselle. Nämä tieteelle ominaisiksi tunnistetut piirteet voidaan tiivistää seuraavasti:

1. Tieteellinen tieto on tentatiivista eli epävarmaa (mutta toisaalta tämän takia mahdollisesti kestävää).
2. Ei ole olemassa universaalia tieteellistä metodologiaa; tiede voi ottaa eri muotoja.
3. Teoriat eivät muutu laeiksi, vaikka positiivista näyttöä kertyisikin.
4. Tieteellinen tieto ja toiminta on teoriapohjaista. Tiede nojaa suurelta osin inferenssiin (päättelyyn, tulkintaan). Käytetyt teoriat vaikuttavat tutkimusten suunnitteluun ja tulosten tulkintaan.
5. Tieteellinen tieto nojaa havaintoihin, rationaalsiin perusteluihin, kriittisyyteen, luovuuteen ja skeptisyyteen sekä vertaisarviointiin ja toistokokeisiin. Tiedon selkeä kommunikaatio on tärkeää.
6. Tieteelliset ideat ovat aikansa yhteiskunnallisten ja historiallisten vaikutteiden alaisia.

Nämä piirteet eivät sisällä vahvoja ontologisia tai epistemologisia väittämiä ja otaksumia, mutta toisaalta niiden voidaan tuskin katsoa vastaavan perustavanlaatuiseen kysymykseen siitä, mitä tiede on – monet luetelluista piirteistä ovat kuvaavat yhtä lailla kaikkea tiedoksi kutsuttua. Tieteellisen tiedon erottaminen muusta tiedosta osoittautuikin käsitteellisesti hankalaksi. Edellä esitetty Hoyningen-Huene (2013) huomio systemaattisuudesta tieteelle keskeisimpänä piirteenä on eräs pyrkimys tehdä juuri tämä. Lienee silti ymmärrettävää, että tieteenfilosofiaan perehtymättömien lukiolaisten käsityksiä tutkittaessa keskitytään tarkastelemaan tämänkaltaisia piirteitä: oleellista on opiskelijoiden käsitysten keskinäinen ja tieteentekijöiden ja -filosofien käsityksiin suhtautettu vaihtelu (ks. esim. Lederman 1992, Meyling 1997, Kang ym. 2005). NOS-tutkimuksen tieteenfilosofisia olettamuksia on kuitenkin myös problematisoitu ja kritisoitu (Eflin ym. 1999, Rudolph 2000).



## 2.2 Episteeminen kognitio ja episteemiset resurssit

Jokaisen opiskelijan NOSK-käsitykset ovat väistämättä kytköksissä siihen, miten hän yleisestikin tiedon ja tietämisen hahmottaa. Tämä niin sanottu *episteeminen kognitio* ikään kuin asettaa rajat NOSK-käsityksille ja toimii käsitysten henkilökohtaisena kontekstina (Hogan ym. 2000). Episteemisellä kognitiolla tarkoitetaan kehityspsykologiassa ja opetuksen tutkimuksessa yksilön ajattelua siitä, mitä tieto ja tietäminen on (Sandoval ym. 2016). Tiedon reflektoinnin taitojen oppiminen on yksi kouluopetuksen tavoitteista, ja niinpä episteemistä kognitiota on tutkittu viime vuosikymmeninä runsaasti. Erityinen kiinnostuksen kohde on ollut yksilön kehittyvä kyky hahmottaa uskomusten perusteltavuuden kompleksisuutta eli sitä, miten helposti ja millä keinoin väitteen totuudellisuus voidaan osoittaa oikeaksi tai vääräksi. (Hofer & Pintrich 1997, Sandoval ym. 2016) Episteemisen kognition kehitystä on mallinnettu ja selitetty useilla kehitysvaiheteorioilla (Carey & Smith 1993, Hofer & Pintrich 1997, Sandoval ym. 2016). Sandoval ym. (2016) huomauttavatkin, että episteemisen kognition kuvaamiseen ei ole toistaiseksi löydetty vahvaa teoriaa, mikä tekee tietokäsityksiin liittyvästä tutkimuksesta haastavaa. Alan tutkimuskirjallisuus tarjoaa kuitenkin huomioita tietoon liittyvien käsitysten tutkimuksesta ja tällaisen tutkimuksen problematiikasta – nämä kysymykset on esitetty luvussa 4. Samalla episteemisen kognition tutkimus antaa mielekkään yleiskäsityksen siitä, kuinka yksilön tietokäsitykset kehittyvät.

Episteemisen kognition tutkimus on seurannut kehityspsykologian nykyaikaista tapaa kuvata kehitystä moniulotteisena ja monikontekstuaalisena (Hofer & Pintrich 1997, vrt. Berger 2008). Aiemmat selkeiden ja diskreettien kehitysvaiheiden nimeämiseen ja tunnistamiseen pohjautuvat teorit ovat saaneet haastajikseen teorioita, jotka korostavat yksilön käyttävän erilaisia *episteemisiä resursseja ja repertuaareja* (tiedon arvioimisen välineitä ja tapoja) eri tilanteissa (Roth & Lucas 1997, Sandoval 2005, Sandoval ym. 2016). Teorioille on kuitenkin yhteistä ajatus siitä, että yksilön episteeminen kognitio kasvaa ”naiivista” absoluuttisen tiedon ihanteesta ”kypsään” eli kriittiseen, konstruktivistisempaan ja relativistisempaan suuntaan. Tämä prosessi seurailee koulutuksen tasoja koko kouluttautumisen ajan; esimerkiksi lukiolaisten tiedonkäsityksiä tutkittaessa tarkastellaan tiettyjä ikäryhmälle ominaisia painotuksia. Lukiolaiset eivät tyypillisesti esimerkiksi pidä opettajan auktoriteettia riittävänä kriteerinä totuudelle, mutta eivät toisaalta välttämättä hahmota tiedon arvioimisen väistämätöntä subjektiivisuutta. (Hofer & Pintrich 1997, Sandoval ym. 2016) Käsitys siitä, mitä tietäminen ja tieto on, saakin

uusia ja hienovaraisempia merkityksiä, joiden voidaan olettaa heijastuvan NOS-käsityksiin monin tavoin.

Episteemisen kognition on katsottu koskevan ainakin käsityksiä tiedon varmuudesta, varmuuden problematisoinnista, lähteistä ja perusteluista (Hofer & Pintrich 1997, Hofer 2004, Sandoval & Millwood 2008). Hammerin ja Elbyn (2003) mukaan taas episteeminen kognitio on erillisten uskomusten sijaan sisäisesti vaihteleva ja jopa epäkonsistentti (sisäisesti ristiriitainen) kokoelma episteemisiä resursseja ja repertuaareja, joiden varaan esimerkiksi henkilön käsiterakenteiden sisäiset analogiat rakentuvat, ja jotka rajoittavat sitä, miten opiskelija voi ymmärtää erilaisia "episteemisiä otteita" kuten arvailua, ennustamista ja päättelyä. Resurssit voivat olla lukiolaisilla jo runsaat, mutta niiden käyttö on harjaantumaton (ks. myös Sandoval 2005). Näin syntyvässä teoreettisessa kehyksessä lukiolaisten NOSK-käsitykset on mielekästä tulkita ajatteluna, joka pyrkii soveltamaan tieteen kontekstiin hajanaista, mutta yhä monimutkaistuvaa hahmotusta tietämisestä aktiivisena toimintana.

## 2.3 NOSK-käsitykset opetuksessa

On selvää, että NOSK-käsitykset eivät kehity vaikutteista riippumatta. Millainen on tiedeopetuksen merkitys yksilön NOSK-käsitysten kehittymiselle? Nykyaikaista opetusta ohjaavia suuria suuntaviivoja ovat konstruktivistinen opetus ja oppimiskäsitys ja tutkiva oppiminen (Abd-El-Khalick ym. 2004), ja samaan aikaan keskustellaan tieteenhistorian opetuksen merkityksestä osana fysiikan opetusta (Monk & Osborne 1997, Höttecke & Silva 2011). Näiden painotusten on nähty tukevan NOSK-käsitysten kehittymistä (Lederman 1992, Lakin & Wellington 1994, Matthews 2000, Schwartz ym. 2004). Tämä ei ole erityisen yllättävää, sillä voidaan nähdä melko suoraviivainen analogia oppijakeskeisen, konstruktivistisen oppimiskäsityksen ja nykyaikaisen tiede- ja ihmiskäsityksen välillä (Burbules & Linn 1991). Käsitys tutkivasta oppimisesta taas on muotoiltu tieteellisen tiedonmuodostuksen mallin mukaisesti (Abd-El-Khalick ym. 2004). Kun opiskelija rakentaa aktiivisesti tietoa oppiessaan, hän ymmärtää myös tieteellisen tiedon konstruoitua luonnetta paremmin. Jos opiskelijan kokemus tieteellisestä tiedosta on ensisijaisesti passiiviseen oppimiseen liittyvää, korostuvat oppimiseen liittyvät välineet ja tottumukset myös NOSK-käsityksissä: tietäminen ja tieto on luonteeltaan passiivista (Hogan ym. 2000).

Tämä oppimisen ja tiedon analogisuus heijastelee edelleen tunnettua analogiaa tieteen historian vaiheiden ja yksilön tiedeoppimisen vaiheiden välillä, ja esimerkiksi Martin ja Osborne (1997) ja McComas ym. (1998) ovat korostaneet näiden analogioiden hyödyllisyyttä esimerkiksi opettamisen suunnittelussa. Tiedeopetuksen fokuksen siirtämistä tieteen "lopputuotteista" (sisältötiedosta) sen prosesseihin (tiedon rakentumiseen) on puolustettu laajalti (Martin & Osborne 1997, Zeidler ym. 2005, Holbrook & Rannikmaa 2007, Erduran & Jiménez-Aleixandre 2008). Tällaisen opetuksen toimivuudesta on myös jonkin verran lupaavaa näyttöä, mikäli tutkivaan oppimiseen liitetään sekä eksplisiittistä että implisiittisempää, kontekstualisoitua NOS-opetusta ja -reflektiota. (Abd-El-Khalick & Lederman 2000, Schwartz ym. 2004, Sandoval 2005, Clough 2006).

Konstruktivistisessa opetuksessa opiskelijan oletetaan ottavan huomioon tiedon kriittisen tarkastelun merkityksen, mikä on myös välttämätön osa kypsää NOS-käsitystä. On hyvä kysymys, millä tavoin NOS-opetus ja opiskelijan käsitys oppimisesta aktiivisena toimintana tukevat toisiaan. Ainakin on esitetty, että NOS-ajattelun oppiminen on tiedekulttuurin ajattelutapojen omaksumista, ja siten oppiminen vaatii tähän kulttuuriin osallistumista (Lederman ym. 2002, Schwartz ym. 2004, Erduran & Jiménez-Aleixandre 2008, Sandoval ym. 2016). Esimerkiksi luokkahuoneessa tapahtuva tieteellinen argumentaatio voi toimia väylänä tieteellisten väitteiden epistemologisten kriteerien sisäistämiseen: oppiessaan, miten tietoa keskustelussa perustellaan, oppii yksilö myös tieteellisten perustelujen luonteesta yleensä (Hammerich 1998, Duschl & Osborne 2008, Sandoval & Millwood 2008, ks. myös Hogan ym. 2000). Tämä on selkeästi linjassa sosiokulttuurisen oppimisteorian kanssa: oppiminen on yhteisön käytäntöjen ja merkitysten oppimista ja omaksumista (O'Loughlin 1992). Voidaan siis nähdä NOS-sisältöjen sopivan luontevasti nykyaikaiseen konstruktivistiseen luokkahuoneeseen (Martin & Osborne 1997). Kuitenkin useat tutkijat ovat nähneet eksplisiittisen NOS-opetuksen olevan aliedustettua (mm. Lakin & Wellington 1994, McComas ym. 1998, Roth & Lucas 1997, Hammer 1997, Leach ym. 2003, Vesterinen 2012), vaikka NOS-painotuksia on lisätty opetukseen maailmanlaajuisesti (Zeidler ym. 2005). Näyttäisi siltä, että nykyinen käsitys oppimisesta tekee tiedeopetukseen tilaa NOS-sisältöjen käsittelylle, mutta on epäselvää, millä (jos millään) keinoin NOS-sisältöjen opetusta aiotaan lisätä.

Käytännössä opiskelijoiden NOS-käsityksien on katsottu ottavan vaikutteita sekä opetuksen sisällöstä että sen esitystavasta: opettajan ja oppimateriaalien välittämät (implisiittiset tai eksplisiittiset) epistemologiset kannat heijastuvat opiskelijoiden käsityksiin tieteellisestä tiedosta ja tieteen oppimisesta ja ymmärtämisestä. (Lakin &

Wellington 1994, Poole 1994, Duschl & Osborne 2008) Tällöin keskeistä on esimerkiksi, käyttääkö opettaja realistista arkikieltä teorioista ja tutkimusten tulkinnasta puhuessaan ja minkälaisia ontologisia ja epistemologisia väitteitä opettaja kutsuu tieteellisiksi. (Cobern 1991, Lederman 1992, Lakin & Wellington 1994, McComas ym. 1998) On myös esitetty, että koekysymysten luonne vaikuttaa käsityksiin tiedon luonteesta (Hofer 2004) ja toisaalta opetuksen prioriteetteihin (Martin & Osborne 1997). On mahdollista, että luokkahuonetoiminnalla pikemminkin kuin opettajalla on merkittävä vaikutus käsitysten muodostumisessa: keskeiseksi tekijäksi on ehdotettu tieteellisiä käytäntöjä viestivää luokkahuonetoimintaa kuten laboratoriotöitä (Lederman 1992). Samoin on ehdotettu todentavien (verifikationaaristen) ja ennalta määrättyjen koeasetelmien merkityksen vähentämistä, jotta opiskelijat saisivat enemmän kokemuksia aidosti tutkivista prosesseista ja tieteellisistä keskusteluista. (Lederman 1992, Carey & Smith 1993, McComas ym. 1998, Kang ym. 2005, Vesterinen 2012). On myös tarkasteltu opetuksessa ja opiskelussa tapahtuvaa argumentaatiota, jolloin luokkahuone nähdään tiede- tai tieteenopetuskulttuurin omaksumisen paikkana – tällöin tieteellisten väittämien esittäminen, arviointi ja perustelu ovat osa NOSK-opetusta (Duschl & Osborne 2008, Erduran & Jiménez-Aleixandre 2008). On kuitenkin huomautettu, ettei NOSK-käsityksiin vaikuttavista tekijöistä tiedetä kylliksi (mm. Roth & Lucas 1997, Leach ym. 2003, Hofer 2004).

Opettajan näkökulmasta toimiva NOS-opetus vaatii asiantuntemusta ja motivaatiota sekä mahdollisuuksia opettaa NOS-sisältöjä muun opetuksen sisällä. Tähänastisen tutkimuksen perusteella vaikuttaa kuitenkin siltä, että opettajat ja opettajayhteisö pyrkivät tyypillisesti pysyttelemään turvallisemmaksi koetuissa epistemologisissa esitystavoissa. (Lakin & Wellington 1994, Martin & Osborne 1997, Vesterinen 2012, Sandoval ym. 2016) Opettajat eivät esimerkiksi välttämättä osaa tai uskalla haastaa opiskelijoiden NOS-käsityksiä (Leach ym. 2003). On myös todettu, että vaikka opettaja (tai opiskelija) ei tiedostaisi välittävänsä opiskelijoille mitään tiettyä NOS-käsitystä tai suoraan kieltäisi tekevänsä niin, ovat jonkinlaiset episteemiset sitoumukset aina läsnä (Cobern 1991, McComas ym. 1998, Lakin & Wellington 1994).

Opettajien NOSK-tuntemusta on pidetty vähäisenä: esimerkiksi teorian määritelmä ei joillekin opettajille olekaan selvä, vaikka sana opetuksessa toistuisikin (Lederman 1992, McComas ym. 1998). Opettajat myös pitävät NOSK-opetusta monin tavoin haastavana (Lakin & Wellington 1994, Leach ym. 2003, Abd-El-Khalick 2005). Opettajankoulutus ei kuitenkaan ole perinteisesti painottanut NOS-sisältöjä, vaikka opettajien on todettu sekä hyötynvän että pitävän käsitystensä tarkastelemisesta (Lederman 1992, Lakin &

Wellington 1994, McComas ym. 1998, Abd-El-Khalick 2005, Vesterinen 2012). NOS-opetuksen lisääminen ja kehittäminen kohtaa siis lukuisia haasteita, joihin vastaamisessa NOS-tutkimus on keskeistä.

## 2.4 NOSK-käsitysten merkitys oppimiselle ja koulutukselle

Useat NOS-käsityksien ja -opetuksen tutkijat ovat kytkeneet tieteen luonteeseen liittyvien kysymysten pohdinnan opiskelumotivaatioon ja oppimisen määrään tai laatuun ja siten peräänkuuluttaneet NOS-opetukselle keskeisempää asemaa opetuksessa (mm. Hofer & Pintrich 1997, Roth & Lucas 1997, Hogan ym. 2000, Osborne & Dillon 2008, Allchin 2011). Suomessa nykyinen LOPS korostaakin luonnontieteellisen tiedon luonteen tarkastelua enemmän kuin edellinen opetussuunnitelma (Opetushallitus 2003 ja 2015). On esitetty, että NOS-tuntemus auttaa luonnontieteellisen tiedon omaksumisessa (McComas ym. 1998) ja motivaation ylläpitämisessä (Martin & Osborne 1997, Roth & Lucas 1997), kypsä episteeminen kognitio kytkeytyy korkeatasoiseen oppimiseen, hyvään opiskelumenestykseen ja itseohjautuviin opiskelutapoihin (Cobern 1991, Hofer & Pintrich 1997), ja että fysiikan oppimisen kannalta välttämättömät käsitysten muutosprosessit voivat vaatia kykyä pohtia NOSK-kysymyksiä (Carey & Smith 1993, Hofer & Pintrich 1997, Martin & Osborne 1997). Luonnontieteellisen tiedon omaksuminen vaatiikin "tieteen kanssa yhteensopivan maailmankuvan" – tiedon ei tulisi vaikuttaa käsittämättömältä, epäuskottavalta tai epäkäytännölliseltä (Cobern 1991, 66).

Hammerin (1994) mukaan fysiikkaan liittyvät epistemologiset käsitykset voivat vaikuttaa fysiikan opiskelussa ja ongelmanratkaisussa käytettyihin lähestymistapoihin: jos tieteellisen tiedon nähdään koostuvan epäkoherenteista "palasista", oppiminen on pinnallista ja virhekäsityksiä ei tunnisteta tai korjata. Myös Roth ja Lucas (1997) ja Hogan ym. (2000) ovat varoittaneet mustavalkoisen, ideaaliseen objektiivisuuteen perustuvan NOSK-käsityksen johtavan oppimisstrategioihin, joiden ytimessä on passiivinen kuuntelu, irrallisten palasten ulkoa opettelu, perustelematon matemaattisten algoritmien soveltaminen ja koulussa opitun tiedon ja opiskelijan syvemmän ajattelun pitäminen erillisinä. Sandoval (2005) ja Kang ym. (2005) taas ovat huomauttaneet, että aito tutkiva oppiminen vaatii toteutuakseen ymmärrystä siitä, millaisessa epistemologisessa kontekstissa opiskelijan oppiminen tapahtuu eli miten opiskelija rakentaa havaintonsa tiedoksi.

Voidaan myös kysyä, mikä merkitys opiskelijan NOSK-käsitysten kehittämisellä itsellään on. *Tieteellisellä lukutaidolla* (engl. scientific literacy) tarkoitetaan kykyä ymmärtää, miten tiede toimii ja miten tiede, teknologia ja yhteiskunta vuorovaikuttavat sekä kykyä käyttää tätä ymmärrystä osana päätöksentekoa (Coburn 1991, DeBoer 2000). On esitetty, että yleissivistävän tiedeopetuksen ensisijainen tarkoitus ei tulisi olla kasvattaa tulevaisuuden tieteen tekijöitä vaan tulevaisuuden tieteellisesti lukutaitoisia kansalaisia (Roth & Lucas 1997, DeBoer 2000, Zeidler ym. 2005, Holbrook & Rannikmäe 2007). Tieteellinen lukutaito liitetäänkin NOS-teemojen ymmärrykseen, ja näiden teemojen opetuksen merkitystä on perusteltu usein tavoin tieteelliseen lukutaitoon, kansalaisvalmiuksiin ja yleissivistykseen vedoten (mm. Schwartz 2004, Zeidler ym. 2005, Holbrook & Rannikmäe 2007, Vesterinen 2012). Tämän näkemyksen mukaan tiede läpäisee yhteiskuntaa merkittävästi niin työn, teknologian kuin kulttuurinkin tasolla, mutta liian harvalla kansalaisella on edes peruskäsitys tieteellisen toiminnan periaatteista. Tämä heijastuu yhteiskunnan sisällä tieteen rahoitukseen sekä tieteellisen tiedon arvostukseen yhteiskunnallisessa toiminnassa kuten lakien ja asetusten säätämisessä. NOS-opetus vastaa yhteiskunnan tarpeeseen kouluttaa kansalaisia, joiden on pystyttävä ymmärtämään ja osallistumaan yhteiskunnalliseen keskusteluun koulun tarjoaman rajallisen pohjan turvin. (Roth & Lucas 1997, McComas 1998, Sandoval 2005) Tämä edellyttää kriittisyyttä mutta toisaalta arvostusta tutkimustietoa kohtaan: tiede on nähtävä ”tietämisen tapana”. (O’Loughlin 1992, Carey & Smith 1993, Zeidler ym. 2005, Bromme & Goldnam 2014). Tieteellinen lukutaito on väistämättä rajallinen, mutta sille voidaan silti asettaa toivottuja tavoitteita (Bromme & Goldnam 2014).

NOSK-käsitysten on ehdotettu heijastuvan myös yksilön yleisiin tiedeasenteisiin kuten kyynisyyteen ja hämmennykseen, joita yksilö voi kokea tieteellisen tiedon tentatiivista (eli alustavaa ja epävarmaksi tiedostettua), itseään korjaavaa ja joskus ristiriitaista luonnetta kohtaan. (McComas ym. 1998, Allachin 2011) Tällaista vaikutusta ei ole kuitenkaan tutkimuksissa havaittu (Bromme & Goldnam 2014). Tästä huolimatta on nähty tarpeellisenä auttaa opiskelijoita hahmottamaan tieteellisen tiedon roolia toisaalta lopputuotteena, toisaalta välineenä jatkotutkimukselle: perusteelliset NOS-käsitykset voivat auttaa tulevaa tutkijaa ymmärtämään tieteellistä toimintaa ja tietoa (McComas ym. 1998) tai tiedettä hyödyntävää kansalaista tulkitsemaan tiedeyhteisön tuottamaa tietoa ja sen luotettavuutta ulkopuolisenakin (Bromme & Goldnam 2014). McComasin ym. (1998) mukaan jotkut opiskelijat voivatkin kaivata luonnontieteiden opiskeluun inhimillisempää otetta, joka hahmottelisi tieteen historiallista ja filosofista ”suurta seikkailua”. Tällainen käsitys tieteestä ihmiskunnan kollektiivisena ja vasta aluillaan

olevana pyrkimyksenä onkin ollut esillä joidenkin tieteen popularisoijien kuten Carl Saganin, Neil DeGrasse Tysonin ja Brian Coxin puheissa ja kirjoituksissa.

Samoin kun opiskelijan NOSK-käsitykset asettuvat hänen henkilökohtaisen epistemologiansa kontekstiin, asettuvat nämä epistemologiset sitoumukset opiskelijan maailmankuvan kontekstiin. Yksilön maailmankuva voidaankin nähdä jonkinlaisena rakenteellisena ”juurena” käsitysten muodostamalle kokonaisuudelle (Cobern 1991). Näkemykset siitä, miten maailmaa kuvaavaa tietoa voidaan hankkia ja ymmärtää, ovat keskeinen osa maailmankuvaa, mutta on tavallista, että opiskelijat kokevat tieteellisen tiedon ja sen välittämän maailmankuvan olevan erillinen kokemuksellisesta arkipäivän maailmasta. Opiskelija saattaa vastustaa sellaisen tiedon omaksumista, joka ei sovi yhteen hänen maailmankuviansa perusaineksen kanssa. Asiaa on tarkasteltu alan kirjallisuudessa esimerkiksi kulttuurien kohtaamisen termistön avulla: opiskelija oppii vähitellen liikkumaan arkipäivän ja tieteen kulttuurien välillä. Tieteellinen tieto saatetaan nähdä irrallisena myös siltä osin, ettei siihen nähdä liittyvän arvoja tai esteettisesti tyydyttäviä ulottuvuuksia. Tiedettä pidemmälle opiskelleet saattavat integroida nämä katsomustavat yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. (Aikenhead & Jegede 1993, Cobern 1991) Fysiikan opetuksen yksi keskeinen tavoite onkin auttaa opiskelijaa muovaamaan käsityksiään ”johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi kohti fysiikan teorioiden mukaista käsitystä ympäröivästä todellisuudesta”. (Opetushallitus 2015: 152)

Eräs fysiikanopetuksen ja NOS-opetuksen tunnettuja luontevia yhtymäkohtia on erilaisten atomimallien käsittely. On esitetty, että atomimallien opetus voi avata erityisen hyvät mahdollisuudet NOSK-teemoihin johdattamiseen (Justi & Gilbert 2000, Lederman ym. 2002). Fysiikka toimisi myös luontevana kontekstina tieteellisen termistön (kuten teorian käsitteen) omaksumiselle (ks. Sandoval 2005). Onkin hyvä huomata, että LOPS (Opetushallitus 2015) korostaa luonnontieteellisen tiedon luonteen käsittelyä nimenomaan fysiikan oppiaineen yhteydessä. NOSK-teemat ovat siis sekä lukiofysiikan opetuksen väline että osaltaan sen vastuualueita.

Yhteenvedona voimme siis todeta, että luonnontieteelliseen tietoon liittyvien käsitysten tutkimus on tieteenfilosofisesta ongelmallisuudestaan huolimatta käytännössä mahdollista. Keskeistä on tuoda selvästi esiin ne tieteen piirteet, joihin liittyviä käsityksiä tutkitaan. Tutkimuksessa on kuitenkin huomioitava, että NOSK-käsitykset asettuvat yksilön episteemisen kognition kontekstiin: tavat käsittää, mitä tieto ja tietäminen ylipäättään tarkoittavat, vaihtelevat yksilön kehityksen ja toisaalta tilanteen mukaan. Toisin sanoen NOSK-käsitykset eivät ole opiskelijan muusta ajattelusta irrallisia.

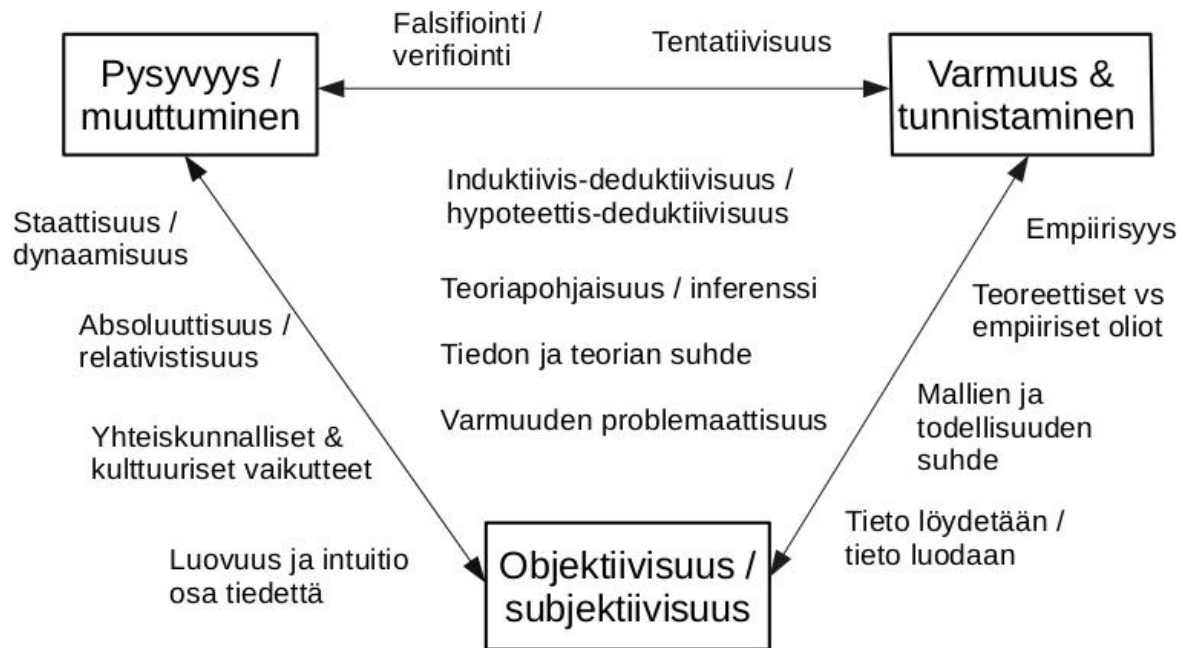
Käsitysten kehitykseen voidaan opetuksessa vaikuttaa usein tavoin, mutta tässä keskeistä on yksittäisiin konteksteihin liitettyjen NOSK-näkökulmien ja eksplisiittisen, abstraktimman NOSK-opetuksen yhdistelmä. NOS-opetus (ja sen kehittäminen) on tärkeää, sillä se tukee muuta opetusta ja antaa valmiuksia tieteellisesti yleissivistyneeseen kansalaisuuteen. Nämä näkökulmat tuovat merkityksiä opiskelijoiden NOSK-käsitysten tutkimukselle, jonka lähtökohtiin voidaan nyt luontevasti edetä.



### 3 NOSK-KÄSITYSTEN TYYPPIPIIRTEET

Opettajien ja opiskelijoiden NOS- ja NOSK-käsityksien tutkimus käynnistyi 50-luvulla. Näille käsityksille ominaisten tyyppipiirteiden lisäksi erityisiä mielenkiinnon kohteita ovat olleet opettajien ja opiskelijoiden käsitysten vuorovaikutus sekä NOS-opetuksen ja -opettajankoulutuksen välineiden kehittäminen. NOS- ja NOSK-käsityksien tutkimuksen monista muodoista ja ensimmäisistä vuosikymmenistä on tehty kattava katsaus (Lederman 1992), jota täydentää Sandovalin ym. (2016) tuoreempi, yleisesti episteemisen kognition tutkimusta tarkasteleva review-artikkeli. Ajan saatossa myös tavoitteet ovat muuttuneet: kun aiemmin NOS-tutkimuksen päämääräksi on katsottu opiskelijoiden älyllisen kehityksen tukeminen tai tieteellisen toiminnan valmiuksien antaminen, nykyään puhutaan tieteellisen lukutaidon kehittymisen merkityksestä. (Lederman 1992). Tieteellinen lukutaito taas on nähty kykynä hahmottaa tieteellisen tiedon ja sen syntyprosessin piirteitä. Osiossa 2.1 esitetyn kaltainen lista onkin ollut useiden NOSK-käsityksiä koskevien tutkimusten lähtökohtana. Tässä luvussa tarkastelen aiemmissa tutkimuksissa tehtyjä havaintoja lukioikäisten tai vanhempien opiskelijoiden NOSK-käsityksistä sekä käsityksien tyypittelyn tapoja. Omat rajaukseni ja fokukseni esittelen tarkemmin luvussa 4 tutkimuskysymyksieni yhteydessä.

Lukioikäisten tai lukioikä vanhempien opiskelijoiden NOSK-käsityksiä on tutkittu useista eri näkökulmista, mutta yhteistä erilaisille fokuksille on pyrkimys luokitella käsityksiä tai vähintäänkin tunnistaa niistä erinäisiä tyyppipiirteitä. Kuvassa 1 on esitetty tiivistelmä niistä NOSK-käsitysten tyyppipiirteistä, joiden katsoin nousevan erityisesti esiin tutkimuskirjallisuudessa. Käsittelemäni piirteet ovat jäsennettävissä kolmen keskeisen tieteellisen tiedon luonnetta kuvaavan käsitteen avulla: tiedon pysyvyys ja muuttuminen, tiedon varmuus ja sen varmuuden tunnistaminen sekä tiedon objektiivisuus ja subjektiivisuus. Esitän, että NOSK-käsitysten tyyppipiirteet ilmentävät erilaisia suhteita näihin tieteellisen tiedon piirteisiin ja prosesseihin, ja näiden laajojen kategorioiden ympärille olen myös rakentanut tutkimuskysymykseni. Sekä eri tyyppipiirteiden että tässä esitettyjen kattokäsitteiden väliset suhteet ovat luonnollisesti hyvin monimutkaisia, ja siten kuvassa esitetty jäsenitys on vain yksi useista mahdollisista.



Kuva 1. Hahmotelma NOSK-käsitysten tyypipiirteiden tiivistämisestä kolmen keskeisen käsitteen ympärille.

Yksi luonteva tapa lähestyä NOSK-käsitysten tyypittelyn perusteita on tunnistaa selkeästi toisistaan poikkeavia käsitystyppejä. Eritoten nuoremmat opiskelijat voivat nähdä tieteen ensisijaisesti staattisena varmojen faktojen kokoelmana, kun taas toiset opiskelijat hahmottavat tieteen jonkinlaisena dynaamisena tentatiivisen tiedon systeeminä. Dynaaminen käsitys tieteestä vaatii tieteellisten ideoiden ja niiden välisten suhteiden ymmärtämistä (McComas ym. 1998). Toisin sanoen käsitykset tieteellisen tiedon muuttuvuudesta ovat toisaalta myös käsityksiä ihmisen asemasta tieteellisen tiedon tuottajana. Tiede voidaan nähdä instrumentalistisesti, jolloin se ei kuvaa todellisuutta tai sen ja todellisuuden vastaavuus ei ole relevanttia, sillä tiede saakin merkityksensä käytännön sovelluksistaan. Tällöin tieteelliset selitykset ovat aktiivisesti keksittyjä (McComas ym. 1998, Kang ym. 2005) ja näiden omaksuminen vaatii oppijalta käsitysten rekonstruointia (Hammer 1997). Eräänlainen vastakohta tälle on *tieteellinen realismi*, jossa teoreettisten (tutkimusten tulkinassa oletettujen) ja suoraan havaittavien olioiden välille ei tehdä eroa (Kang ym. 2005, Sandoval 2005, Sandoval & Millwood 2008). Toisaalta voidaan myös tutkia, miten suuressa arvossa tieteellistä tietoa pidetään: tieteeseen saatetaan suhtautua jonkinasteisella välinpitämättömyydellä tai vastakohtaisesti "tietynlaisella elitismillä", vaikei tieteen periaatteita ymmärrettäisikään (Lakin & Wellington 1994:186, Kang ym. 2005).

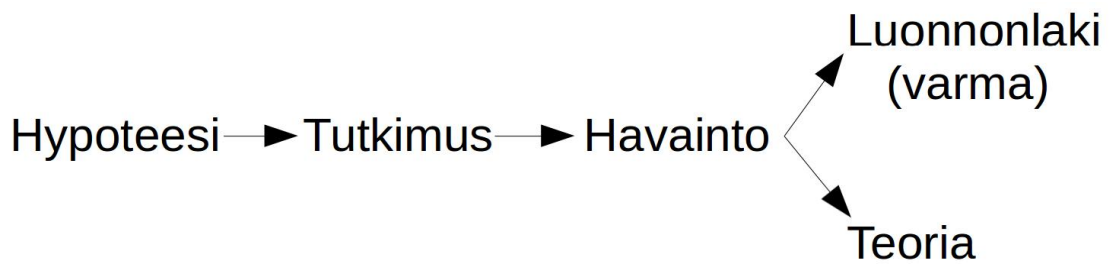
Roth ja Lucas (1997) ovat erottaneet toisistaan kolme keskeistä NOSK-käsitysten dimensiota, jotka kuvaavat, ajattelemmeko maailmankaikkeuden perustuvan jonkinlaiseen pysyvään järjestykseen, kuvaako mielestämme tieteellinen tieto luontoa sellai-

senaan vai jonkinlaisen symbolisen käsitejärjestelmän kautta, ja näemmekö kulttuurin ja yhteiskunnan vaikuttavan tieteeseen. Opiskelijan käsitykset ovat kuitenkin usein konteksteittain vaihteleva yhdistelmä näitä käsitystapoja (em., Brickhouse 2000, Abd-El-Khalick 2005, Kang ym. 2005). Onkin esitetty, että opiskelijan NOSK-käsitykset voivat koostua useista keskenään ristiriitaisista käsityksistä kuten esimerkiksi relativistisesta tietokäsityksestä ja absolutistisesta tiedekäsityksestä (Roth & Lucas 1997, Hogan 2000). Tällaisen käsityksen mukaan maailmaa voi selittää mielekkäästi monin eri tavoin, mutta toisaalta tieteen tulisi olla yksiselitteistä ja kulttuurista riippumatonta. Eräitä mahdollisia ratkaisuja tällaiselle konfliktille voisivat olla ajatus siitä, että objektiivinen tieto "lopulta voittaa", tai siitä, että käytännön arvo on totuudellisuutta tärkeämpää (Roth & Lucas 1997). Tämä ainakin pinnalta katsottuna ristiriitaisien ja mahdollisesti dissonanttien (ajattelijalle itselleen ristiriitaisina näyttäytyvien) ajatusten yhteensovittaminen nousikin tutkimuksessani useita kertoja esiin. Opiskelijoiden NOSK-käsitysten konsistenssin määrä onkin herättänyt jonkin verran kiinnostusta: on esimerkiksi esitetty, että sisäisten ristiriitojen tunnistaminen ohjaa opiskelijaa tarkastelemaan ja kehittämään kantojaan (Clough 2006).

Lederman (1992) tiivistää 50-90-luvuilla kertynyttä NOS-tutkimustietoa listaamalla tieteen niitä piirteitä, joista opiskelijoilla on useimmiten virhekäsityksiä: luovuus, mallien käyttö, teorioiden rooli, hypoteesien, lakien, kokeiden ja mallien erottelu, tieteen pyrkimykset, tieteellisen selittämistavan luonne sekä tieteenalojen väliset suhteet. NOSK-tutkimuksessa onkin lukiolaisten tiedekäsityksiä tieteentekijöiden ja tieteenfilosofien käsityksiin vertailemalla havaittu opiskelijoiden taipumus hahmottaa tieteellisen tiedon syntyprosessi lineaarisena ja induktiivis-deduktiivisena. Toisin sanoen tieteellinen tiedonmuodostus nähdään ongelmattomana siirtymänä havainnoista tietoon, eikä hypoteesien tai tutkimustulosten tulkinnan merkitystä tunnisteta. Tieteen nähdään rakentuvan suoran sensorisen havainnoinnin päälle, jolloin tieto *löydetään* pikemminkin kuin *luodaan* – tiede on absoluuttisen objektiivista luonnon säännönmukaisuuksien muistiin kirjaamista. Tällöin tutkimuksienkin merkitys tulkitaan ensisijaisesti verifikationaarisena eikä falsifioivana, ja mallit, teoriat ja tieto erotetaan varmuudeltaan ja luotettavuudeltaan toisistaan eroaviksi kategorioiksi. (Meyling 1997, Roth & Lucas 1997, McComas ym. 1998, Brickhouse 2000). Tiedon "ongelmattomuuden" käsitys onkin eräs tämän tutkielman fokuksista. Tällä tarkoitetaan käsitystä, jossa tieto itsessään nähdään objektiivisena ja selvästi oikeaksi tai vääräksi tunnistettavana. Tällaisella ajattelutavalla on yhteys käsitykseen tieteellisestä tiedosta muuttumattomana (Abd-El-Khalick 2005). Tieteellisen tiedon ja todellisuuden välinen suhde onkin hyvin haastava kysymys. Ei ole yllättävää, että lukiolaiselle voi olla hankala hahmottaa tieteellisesti

keskeistä eroa teoreettisten mallien ja kokeellisten havaintojen välillä tai keskustella tämän eron merkityksestä (Carey & Smith 1993, Leach ym. 2003). Hahmotan tämän ilmiön kuvaavan episteemistä käsityksmaailmaa, joka ei tunnista tiedon *aktiivista* konstruointia: sekä oppija että tieteilijä vain ottavat valmiiksi muotoiltua tietoa vastaan. Tällöin myös tieteellisen tiedon muutosprosessit ovat “väärän tiedon” korvautumista “oikealla tiedolla” (Sandoval 2005).

Meylingin (1997) mukaan lukion aloittavat näkevät tieteelliset lait tyypillisesti luonnon yksiselitteisinä säännönmukaisuuksina, kun taas lukion päättävät hahmottavat lait ihmisen kirjaamina täydellisinä kopioina näistä yksiselitteisistä luonnonlaeista. Tällöin saavuttamatta jää käsitystaso, jossa lakien ja todellisuuden välinen suhde problematisoidaan ja teoriat todetaan väistämättä epävarmoiksi pyrkimyksiksi selittää ilmiöitä. Meyling esittää, että ongelmallinen tunne tieteen vaillinaisuudesta ratkaistaan lopulla sitoutumalla teorioihin epäideaalisuudesta huolimatta – ilmiö, josta Hofer & Pintrich (1997:91) puhuvat “sitoutumisena relativismin puitteissa”. Kuitenkin Meylingin tutkimuksessa 99% lukiolaisista erotti vahvasti toisistaan teoriat ja luonnonlait, minkä voidaan tulkita viittaavan käsitykseen tieteellisestä tiedosta pohjimmiltaan objektiivisena ja ongelmattomana. Lukiolaiset saattoivat pitää mallien käsittelyä “tarpeettomana”, koska näitä ei samastettu tietoon. Mallien tai teorioiden näkeminen hyödyttömänä on nähty suurena puutteena NOSK-käsityksessä (Lederman 1992). On kuitenkin katsottu, että lukiolaiset tyypillisesti käsittävät tiedon itsessään tentatiivisena (Lederman & O'Malley 1990, Kang ym. 2005). Kenties tentatiivinen tiedonkäsitys ei siis yllä käsiterakenteessa tiedon ja teorioiden tai mallien välisen suhteen tasolle: tieto nähdään muuttuvana, mutta teoriat erotetaan silti “pysyvästä tiedosta” (vrt. Kang ym. 2005, Sandoval 2005). Onkin sanottu, että “tieteellisen tiedon tentatiivisuus ei rajoitu vain ymmärrykseen tiedon muuttumisesta historian saatossa. Tieteen tentatiivinen luonne perustuu olettamuksen, tiedonmuodostuksen tapojen, teorioiden käytön ja inhimillisen ymmärryksen rajoituksiin” (Lederman & O'Malley 1990:225, ks. myös Ryan & Aikenhead 1992). Sandoval (2005:639) taas on ilmaissut, että “todennäköisesti tärkein epistemologinen ymmärrys, jonka opiskelijoiden tulisi saavuttaa, on että tieteellinen tieto on ihmisen konstruoimaa, ei vain maailmasta löydettyä”. Meylingin (1997) mukaan tieteen huonoimmin ymmärrettyjä piirteitä onkin se, että paitsi hypoteesit myös havainnot, mittaukset ja tulkinnat ovat teoriapohjaisia; teorioiden problemaattisuus ei liity “keskenäisyyteen” vaan epistemologiaan. Vastaavasti Abd-El-Khalick ja Lederman (2000) havaitsivat opiskelijoiden puhuvan tiedon “todistamisesta” objektiivisilla kokeilla – merkki, joka viittaa lineaariseen, yksinkertaiseen epistemologiaan.



*Kuva 2. Esimerkki lineaarisesta tiedekäsityksestä. (Meyling 1997:401)*

On olemassa jonkin verran erimielisyyttä siitä, millaisia episteemisen kognition resursseja NOS-sisältöjen pohtiminen vaatii. Kang ym. (2005) ovat esittäneet, että jo kuudesluokkalaisilla on kyky puhua NOS-sisällöistä. Toisaalta esimerkiksi Leachin ym. (2003) mukaan epistemologisia NOS-kysymyksiä on kenties mielekkäämpää käsitellä vasta lukioiän jälkeen. Voimmekin olettaa havaitsevamme lukiolaisten käsityksissä vaihtelua niiden tyyppipiirteiden osalta, jotka erottavat yläkouluikäisten käsitykset korkeakouluopiskelijoiden käsityksistä. Esimerkki tästä on noin lukioiässä mahdollisesti tapahtuva siirtymä NOSK-käsitykseen, joka sisältää teoreettisen tulkintakehyksen merkityksen havaintojen tulkinnassa: tieto täytyy aktiivisesti rakentaa tutkimustulosten pohjalta (Carey & Smith 1993, Hofer & Pintrich 1997). Toisaalta niin lukiolaisten kuin jopa luonnontieteiden opettajaksi opiskelevien on havaittu ajattelevan atomimalleja atomien "kuvina", mitä perustellaan sillä, että atomeja voidaan havaita suoraan ja niiden rakenne ei tällöin ole tulkinnanvarainen (Kang ym. 2005, Abd-El-Khalick 2005). Tieteilijät voivatkin vain objektiivisesti "löytää" teorioita, jotka ikään kuin odottivat löytymistään (Kang ym. 2005, Ryan & Aikenhead 1992). Myöskään tieteen vaikutealttiuden tunnistaminen ei ole yleistä: opettajaopiskelijoiden on nähty hahmottavan tieteen kulttuurilliset sitoumukset lähinnä kulttuurillisen arvostuksen, säätelyn ja rahoituksen kautta. Tällöin tiede on universaali ja konteksteista vapaa. (Abd-El-Khalick 2005)

Lyhyt katsaus NOSK-käsitysten tyyppipiirteisiin osoittaa, että mahdollisia tutkimusfokuksia on useita. On myös selvää, että tässä esitellyillä tyyppipiirteillä on paljon keskinäisiä vuorovaikutussuhteita ja päällekkäisyyksiä. Olen pyrkinyt kuvassa 1 esitetyllä jäsennyksellä perustelemaan, minkä takia oma tutkimukseni keskittyy tiedon varmuuden ja varmuuden tunnistamisen, muuttuvuuden ja pysyvyyden sekä objektiivisuuden ja subjektiivisuuden käsityksiin. Oma tutkimukseni perustuu ajatukselle siitä, että näihin kolmeen NOSK-käsitysten peruselementtiin liittyvien käsitysten tutkiminen antaa melko kattavan kuvan opiskelijoiden NOSK-ajattelusta yleensä.

## 4 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

Tässä työssä tutkitaan lukiolaisten NOSK-käsityksien ilmenemistä suoraan tieteellisen tiedon luonteeseen liittyvässä keskustelussa. Näitä käsityksiä päätettiin tutkia puoli-strukturoiduin teemahaastatteluin kerättyä aineistoa analysoiden. Tässä luvussa esitelen tutkimuskysymykseni ja haastattelujen ja näiden analysoinnin lähtökohdat sekä haastattelututkimuksen peruseräiteita ja -problematiikkaa.

### 4.1 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen suunnittelu

Tämän tutkimuksen keskiössä on teemahaastatteluin kerätyn aineiston sisällönanalyysi. Tutkimuskysymykseni ovat:

1. Millaisia tieteellisen tiedon varmuuteen ja varmuuden tunnistamiseen liittyviä käsityksiä opiskelijat keskustelussa ilmaisevat?
2. Millaisia tieteellisen tiedon pysyvyyteen ja muuttumiseen liittyviä käsityksiä haastattelut opiskelijat keskustelussa ilmaisevat?
3. Millaisia tieteellisen tiedon objektiivisuuteen ja subjektiivisuuteen liittyviä käsityksiä haastattelut keskustelussa ilmaisevat?

Nämä kysymykset ovat luonnollisesti joiltain osin päällekkäisiä eikä niiden voida katsoa huomioivan kaikkia mahdollisia NOSK-käsitysten tyyppipiirteitä tasavertaisesti. Kysymyksistäni ensimmäinen on muotoiltavissa myös sanoin “millaisia tieteellisen tiedon ongelmattomuuteen ja tämän tiedon ja todellisuuden väliseen suhteeseen liittyviä käsityksiä haastattelut tuovat ilmi”; tämän kysymyksen keskiössä on “varman tiedon” määritelmän problematisointi. Olen erottanut tiedon varmuuteen ja tiedon pysyvyyteen liittyvät käsitykset siten, että jälkimmäinen liittyy tiedon kestävytyteen ajassa. Keskustelussa ilmaistuja käsityksiä voivat olla opiskelijan vastaukset suoriin kysymyksiin, mutta toisaalta myös perustelut ja oletukset, joiden varaan opiskelijat väitteitään asettavat.

Haastattelujen suunnittelun aluksi tehtiin lista aiempien tutkimusten tunnistamista NOSK-käsitysten tyyppipiirteistä. Tämän pohjalta laadittiin Cohenin ym. (2007) haastattelun suunnittelemisen ohjeita noudattaen taulukko sellaisista käsitysten piirteistä, joita koettiin mielekkääksi tutkia teemahaastattelun keinoin. Taulukon pohjalta pystyttiin muodostamaan haastattelurunko, joka oli samaan aikaan NOSK-käsityksien

tyyppiirteisiin sidottu että lukioikäisten haastattelun kannalta mielekäs. Sekä tämä taulukko että koko haastattelurunko on esitetty liitteessä 1. Haastattelujen suorittamisen jälkeen arvioitiin, millaisiin NOSK-käsityksiä tarkasteleviin kysymyksiin aineisto voisi antaa vastauksia. Näin voitiin palata NOSK-tyyppiirteisiin ja luokitella nämä kuvan 1 mukaisesti kolmen keskeisen, tutkimuskysymyksiä muotoiltavan käsitteen ympärille.

Osa haastattelurungon kysymyksistä jätettiin varsin avoimiksi ja jopa tulkinnanvaraisiksi. Tällaisia olivat esimerkiksi kysymys 1a (”mitä on tieteellinen tieto?”) sekä 2e (”mihin teorioita käytetään?”). Osa kysymyksistä oli konkreettisempia, ja eräs kysymys (2f) oli luonteeltaan jossain määrin kontekstuaalinen: tässä esitettiin havainnekuva Bohrin atomimallista ja pyydettiin pohtimaan kuvan suhdetta tietoon ja teorioihin. Esimerkiksi tämä kysymys perustuu huomioon siitä, että atomimallien historia toimii hyvänä kontekstina NOSK-kysymysten lähestymiselle ja niistä keskustelemiselle fysiikanopetuksessa (Lederman 1992, Lederman ym. 2002). Vaikka tällaiset kontekstuaaliset kysymykset ovat NOSK-käsitysten ymmärtämisen kannalta hyvin mielekkäitä, ei haastatteluissa haluttu ohjata opiskelijoita lähestymään kysymyksiä vain tiettyjen ennaltamäärättyjen esimerkkien kautta. Tällaisten tilannesidonnaisuuteen liittyvien ongelmien vuoksi tämä kysymys jätettiin viimeiseksi (ks. Kang ym. 2005).

## 4.2 Haastattelututkimuksen lähtökohdat ja haasteet

NOSK-osaamisen määrittämistä varten on tuotettu useita kymmeniä standardoituja mittareita (Lederman ym. 2004). Niinpä samalla kun tutkimuksen painotus on siirtynyt kohti haastattelututkimuksia, avoimet kyselylomakkeet kuten haastattelujen pohjalta rakennettu ja validoitu VNOS-C -kysely ovat tulleet eräänlaiseksi NOSK-tutkimuksen standardiksi. (Lederman ym. 2002, ks. myös Brickhouse ym. 2000, Kang ym. 2005) Tässä tutkimuksessa päätettiin kuitenkin näitä mittareita hyödyntäen rakentaa tutkimuksen tarpeita vastaava teemahaastattelurunko. Olen tutkimuksessani käyttänyt jotain VNOS-C:n kysymyksiä (”mikä on tiedettä”, ”miksi tieteessä tutkitaan”, ”muuttuvatko teoriat”, ”käytetäänkö tiedettä tehtäessä luovuutta”) haastattelujen suunnittelun välineenä ja eräänlaisena tiivistelmänä NOSK-käsitysten monista tyyppiirteistä.

Syitä teemahaastattelun valintaan olivat NOS-lomaketutkimuksia kohtaan esitetty kritiikki (Lederman ym. 1998, Lederman & O'Malley 2000, Kang ym. 2005, ks. myös Sandoval ym. 2016) sekä haastattelututkimuksen verrattaiset edut, käytännöllisyys ja

mielenkiintoisuus: haastattelu on parempi valinta kysyttäessä *mitä* opiskelijat ajattelevat pikemmin kuin *miten hyvin* opiskelijat ymmärtävät (Lederman ym. 2002). Toisaalta pyrittiin huomioimaan, että lomaketutkimusten kritiikki koskettaa myös haastattelututkimuksia: NOSK-käsitysten on esimerkiksi nähty olevan paitsi sanallistamattomia myös voimakkaasti kontekstisidonnaisia. Nähdäksemme millaisia NOSK-ajatusmalleja opiskelijat luonnollisemmissa tilanteissa käyttävät, olisi ohjattava opiskelijaa episteemisesti kiinnostavien tehtävien äärelle – ja tällöinkin nähdään vain kyseisessä kontekstissa aktivoituvat käsitykset. Tämän kontekstisidonnaisuuden merkitystä ei ole kuitenkaan perusteellisesti tutkittu. (Meyling 1997, Brickhouse ym. 2000, Sandoval ym. 2016) Toisin sanoen on esimerkiksi epäselvää, voivatko opiskelijat ajatella tieteellisen tiedon olevan varmaa ja muuttumatonta, mutta olla silti kykeneviä muuttamaan käsityksiään uusien tutkimustulosten valossa.

Tämän vuoksi tutkimus rajattiin tarkastelemaan ensisijaisesti opiskelijoiden *eksplisiittisiä* eli sellaisia käsityksiä, joita opiskelija itse raportoi käyttävänsä ajattelussaan. Käsitykset, joita opiskelijat mahdollisesti tiedostamattaan käyttävät muissa konteksteissa kuten esimerkiksi fysiikkaa opiskellessaan, eivät ole tutkimukseni ensisijainen kohde, vaikka tietenkään näiden ja eksplisiittisesti ilmaistujen käsitysten välille ei voida vetää selkeää rajaa (Sandoval 2005, vrt. Hogan 2000). Vaikkei eksplisiittisten ja implisiittisten, luonnollisemmissa konteksteissa (kuten esimerkiksi luokahuoneessa tapahtuvassa oppimistilanteessa) käytettyjen NOSK-käsitysten välistä yhteyttä ole juuri tutkittu, on luultavaa, että tällainen on olemassa (Sandoval & Millwood 2008, Sandoval ym. 2016). Sen erittely jää kuitenkin tutkimukseni ulkopuolelle.

Haastattelussa tapahtuva puhe on *kontekstuaalista toimintaa* pikemmin kuin näkymä mieleen, sillä puhe tapahtuu lausumattomien pohjaoletusten kontekstissa. Näin tulkinta saattaa tuottaa vain tutkijan ennakkokäsityksiä kuvaavia artefakteja. (ks. Roth & Lucas 1997) Siksi haastatteluja suunniteltaessa, pidettäessä ja analysoitaessa pyrittiin huomioimaan, että haastateltavat eivät lähesty kysymyksiä tieteenfilosofin tavoin. On luultavaa, että esimerkiksi tieteelliseen tietoon assosioituu ensisijaisesti määre ”tutkittua, varmaa tietoa” eikä ”systemaattiset teoriat, joita on pyritty laajalti falsifioimaan”. Nykyisessä yhteiskunnallisessa diskurssissa tieteellinen tieto asetetaan tyypillisesti vastakkain jonkinlaisen subjektiivisen arvailun kanssa, ja yleisesti tieteellistä tietoa voidaankin pitää *suhteellisen* objektiivisena (ks. esim. Porter 1996). Koska eksplisiittinen NOSK-reflektointi on opiskelijalle uutta, hän ei välttämättä tee eroa näiden diskurssien välille (ks. myös Sandoval ym. 2016). Opiskelijat saattoivat myös lähestyä tieteellisen



tiedon luonnetta koskevia kysymyksiä vastaavia oppiaineita koskevinä kysymyksinä, jos tiedeoppimisen ja tieteen välinen ero ei ollut opiskelijalle selvä.

Haastattelurunko rakentuu joiltain osin käsitteiden ”tieto” ja ”teoria” sekä näiden välisen suhteen ympärille. Tästä huolimatta pyrin tutkimuksessani välttämään huomion keskittämistä siihen, miten opiskelijat käsittävät yksittäiset tieteelliseen tietoon ja tietämiseen liittyvät termit sinänsä. Sanoilla ”malli”, ”teoria” ja ”tieto” on useita määritelmiä ja tulkintoja. Esimerkiksi sana ”teoria” assosioitiin haastatteluissa muun muassa musiikin teoriaan sekä teoriaan yksilön uskomuksena (kognitiivinen merkitys). Molemmat vaihtoehtoiset merkitykset ovat yleisesti käytettyjä eikä näiden eriävien käyttötapojen erottelua nähty keskeisenä NOSK-käsitysten piirteenä. Keskittyminen yksittäisten termien käsittämiseen ja käyttöön nähtiin useiden aiempien tutkimusten haasteena ja puutteena (ks. esim. Lederman 1992, Meyling 1997, Roth & Lucas 1997, McComas ym. 1998, Abd-El-Khalick 2005, Kang ym. 2005), vaikka toisaalta tietysti tieteellisten termien tuntemus on osa tieteellistä lukutaitoa. Esimerkiksi niin opettajaopiskelijoiden kuin lukiolaistenkin on havaittu käsittävän tieteelliset teoriat nimenomaisesti yhden henkilön valistuneina arvauksina eikä selittävänä tietorakenteena, mikä voi kertoa enemmän ongelmattomasta tietokäsityksestä kuin termisekaannuksesta (Brickhouse ym. 2000, Abd-El-Khalick 2005, Kang ym. 2005). Tässä tutkimuksessa pyrin kuitenkin tutkimaan pysyvyyteen, ongelmattomuuteen ja objektiivisuuteen liittyviä käsityksiä, ja nämä käsitykset on pyritty tunnistamaan ilman raskasta käsitteiden käyttöä. Haastatellut opiskelijat käyttivät itse myös termejä kuten ”malli” ja ”hypoteesi”, mutta näiden käyttöön ei haastattelussa aktiivisesti kannustettu. Vaikkei muiden kuin tiedon ja teorian käsitteiden määritelmiin ollut tarkoitus keskittyä, toimivat käsitteet ajoittain eräänlaisena ikkunana opiskelijan käsityksiin mielekkäistä kategorioista, skeemoista ja näiden välisistä eroista.

Myös mahdollisuus antaa opiskelijoille valmiit määritelmät koettiin ongelmalliseksi, sillä ei olisi helppoa arvioida, miten hyvin opiskelijat pitäytyisivät annetuissa määritelmissä haastattelun aikana. Tämän takia haastatteluissa pyydettiin opiskelijaa määrittelemään keskeiset termit itse. Haastattelut perustuvat tilanteeseen, jossa haastateltava raportoi näkemyksiään omin sanoin, jolloin se, miten hän käyttämänsä termit käsittää, on tietysti oleellista. Samalla käsitteiden ”tieto” ja ”teoria” erojen ja yhtäläisyyksien pohtiminen nähtiin lähestyttävänä tapana keskustella tiedon varmuudesta, ongelmattomuudesta ja objektiivisuudesta; haastatellut opiskelijat näkivätkin termit yksilöstä ja kontekstista riippuen selvästi erillisinä tai liki synonyymeinä. Kahden keskeisen sanan ympärille rakennetun haastattelurungon ajateltiin myös tuovan keskusteluun selkeitä fokuksia ja

helpottavan haastattelutilannetta vähentämällä termeihin ja niiden eroihin liittyvää sekaannusta. Toisaalta tiedostettiin, että näiden kahden sanan asettaminen keskiöön saattaisi ohjata haastateltavia opiskelijoita asettamaan tiedon ja teorian jonkinlaisiksi vastakohtiksi. Tämä ilmentää haastattelututkimuksen keskeistä problematiikkaa: haastattelu on vuorovaikutustilanne, jonka yksinkertaistaminen litteroituun asiasisältöön sulkee pois lukuisia sosiaalisia ja interpersonaaalisia vaikutteita.

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkittava aineisto kerättiin järjestelmällä vuoden 2017 maalis-huhtikuussa kahdeksan puolistrukturoitua teemahaastattelua. Kaikki haastatellut opiskelijat olivat samasta pääkaupunkiseutulaisesta lukiosta, jonka pääsyraja on viime vuosina ollut selvästi yhdeksikön ylittävä keskiarvo. Haastateltavat valikoitiin tiedottamalla muutamilla oppitunneilla mahdollisuudesta osallistua haastatteluun elokuvalippua vastaan. Haastattelupalkkiolla pyrittiin helpottamaan haastateltavien löytämistä sekä varmistaa, että haastatteluun on motivoivaa osallistua kiinnostuksesta riippumatta. Haastattelusta tiedottamisen yhteydessä kerrottiin haastattelun koskevan ”tieteeseen liittyviä kysymyksiä”, sillä haluttiin varmistaa, että haastattelukysymyksiin vastattaisiin suhteellisen spontaanisti. Haastattelun aluksi kerättiin opiskelijoista hieman taustatietoja. Viisi haastateltavaa oli ensimmäisellä ja kolme toisella vuositasolla. Viisi haastatelluista opiskelijoista oli suuntautunut ainakin jonkin verran fysiikan ja muiden luonnontieteiden opiskeluun ja opiskellut kolme tai kuusi fysiikan kurssia muiden ollessa ensisijaisesti kiinnostunut muista aineista. Haastateltavista viisi oli suorittanut yhden filosofian kurssin ja keskustelleet sen ohessa hieman tieteenfilosofiaakin. Luonnontieteiden opetuksessa he olivat puhuneet jonkinlaisesta tieteellisen tutkimuksen ”kaavasta” (muotoa ”hypoteesi, tutkimus, tieto”), mutta eivät muuten muistaneet keskustelleensa tieteellisen tiedon luonteesta tämän enempää.

Haastattelut suunniteltiin ja toteutettiin Cohenin ym. (2007) esittämien eettisten ja tutkimuksen kannalta hyödyllisten periaatteiden noudattamiseen pyrkien. Haastattelut pyrittiin pitämään sekä ilmapiiriltään että aikataulultaan rentoina, jotta ajatusten ja käsitysten vapaa ilmaisu olisi mahdollisimman helppoa. Jokainen haastattelu eteni alun orientoivista ja taustatietoa kartuttavista kysymyksistä kohti varsinaista haastattelu-runkoa (ks. liite 1), joka käytiin läpi kokonaisuudessaan ja samassa järjestyksessä. Haastateltavia pyydettiin sanomaan mieleen juolahtavia ajatuksia kysymysten haasteellisuudesta huolimatta, ja jokaiselle haastatellulle vahvistettiin käsitystä siitä, että kysymykset ja haastattelutilanne oli tulkittu oikein. Saatujen vastausten kritisointia pyrittiin välttämään samalla kun aktiivisen kuuntelun osoittamiseksi ja kantojen varmistamiseksi esitettiin tarkentavia kysymyksiä ja kertaavia kommentteja opiskelijan käsityksistä (vrt. Lederman ym. 2002). Toisaalta vältettiin opiskelijan hahmotustavan asettamista jatkokysymysten muodostamaan muottiin. Tällä ratkaisulla on myös kääntöpuolensa, sillä on mahdollista, etteivät opiskelijat ohjautuneet pohtimaan

näkemyksiään kriittisesti, jos kannustava ilmapiiri koettiin ensimmäisenä esitettyjä kantoja tukevana. Tätä oli toisaalta pyritty ehkäisemään haastattelurungolla, joka ohjasi ajattelemaan kantoja useasta eri suunnasta. Opiskelijat esittivätkin usein jossain määrin ristiriitaisia näkemyksiä, jotka pyrittiin tuomaan esille siitä huolimatta, että tämä saatettiin kokea hankalana tai kriittisenä. Ristiriitoja pyrittiin tutkimaan pyytämällä, että opiskelija miettii, miten aiemmin esitetty kanta ja nyt esitetty kanta suhtautuvat toisiinsa.

Opiskelijat esittivät monipuolisia näkemyksiä sekä näiden perusteluja varsin kattavasti. Opiskelijoiden näkemykset tuntuivat verrattain selkeiltä ja vahvoilta eritoten haastattelujen alkuosassa, mutta niissä ilmeni vähitellen myös ristiriitoja. Analyysini näkökulmasta tämä ei ole ongelmallista, sillä tutkimusotteeni tarjoaa mahdollisuuden tarkastella näitä käsityksiä sellaisenaan ilman jonkinlaisen yksiselitteisen käsitysprofiilin olettamista ja tunnistamista (ks. Lederman ym. 2002). Lisäksi mikäli haastateltava esitti epäilyä omia kantojaan kohtaan tai käsityksissä vaikutti olevan jonkinlainen ristiriita, muodostui usein tilanne, jossa opiskelija omatoimisesti tai ohjatusti pyrki ratkaisemaan hämmennyksensä. Ristiriitoja käsittelevät keskustelut koettiin osoituksiksi siitä, että opiskelijat pystyivät todella refleктоimaan tai muodostamaan NOSK-käsityksiään haastattelutilanteessa. Opiskelijat myös kertoivat kokeneensa haastattelutilanteen ja keskustelunaiheen kiinnostavaksi ja miellyttäväksi.

Haastattelut nauhoitettiin opiskelijoiden luvalla ja nauhoitteet litteroitiin siten, että täytesanat sekä tutkimukseen liittymätön puhe jätettiin pääosin pois. Niin haastateltavan kuin haastattelijankaan puhetta ei pyritty kirjakielistämään, mutta sanojen kirjoitusasujen sekä välimerkkien käytössä pyrittiin tekemään ratkaisuja, jotka helpottavat tekstin lukemista. Haastattelun alussa ja lopussa käydyt taustatietoja ja haastattelukokemusta koskeva keskustelu jätettiin analyysistä pois. Haastattelukysymykset 1d) ja 1e) todettiin pääosin tarpeettomiksi, mutta näihin liittyvä keskustelu pidettiin mukana analyysissä.

Aineiston analyysi aloitettiin lukemalla aineisto kokonaisuudessaan läpi. Tämän jälkeen tyypiteltiin opiskelijoiden esittämiä ajatuksia tutkimuskysymyksiä vastaaviin kategorioihin, jolloin muodostuivat pelkästään tieteellisen tiedon varmuutta, muuttuvuutta tai objektiivisuutta koskevaa keskustelua sisältävät aineistot. Näin menetettiin sekä opiskelijan käsityksissä että haastattelutilanteessa vaikuttaneita yhteyksiä eri hetkinä esitettyjen ajatusten välillä. Tämä pyrittiin huomioimaan siltä osin kuin yksittäisen, haastattelutekstistä irrotetun lainauksen ymmärtämiseksi oli tarpeellista kuitenkin profiloimatta opiskelijaa tiettyihin käsitystyyppeihin; näin myöhemmin ja aiemmin esitetyt kannat ovat ikään kuin tasaveroisempia (vrt. Brickhouse ym. 2000). Tutkimuskysymyksiä

vastaavat aineistot ryhmiteltiin siten, että samantyyppisiä kysymyksiä ja ajatusmalleja kuvaavat puheenvuorot yhdistettiin. Näissä puheenvuoroissa pyrittiin edelleen tunnistamaan yhteyksiä NOSK-käsitysten tunnettuihin tyyppipiirteisiin. Useiden eri opiskelijoiden esittämiä sisällöltään samankaltaisia väitteitä tulkittiin ja analysoitiin yhtenäisesti. Mikäli laajempia yhteyksiä yksittäisen opiskelijan käsityksissä haluttiin selvittää, pyrittiin tämä huomioimaan jo haastattelutilanteessa nostamalla käsitysten välisiä yhteyksiä puheenaiheeksi. Näin tutkimus saatiin pidettyä melko luotettavana, joskin on huomattava, ettei tutkimuksen ole tarkoitus esittää valtakunnalliseen opiskelijapopulaatioon yleistettäviä väittämiä lukiolaisten NOSK-käsityksistä vaan antaa esimerkkejä siitä, miten käsitykset voivat ilmetä opiskelijan puheessa.

## 6 TULOKSET

Opiskelijat olivat pääosin valmiita arvioimaan tieteellisen tiedon luonnetta, ja erilaisia näkemyksiä nousi esiin runsaasti. Esitän tässä keskeisimpiä havaintojani lukiolaisten ajattelutavoista. Pyrkimykseni on antaa yleiskatsaus erilaisten katsantokantojen kirjoon, minkä jälkeen pohdin aineistosta syntyvää kokonaiskuvaa tarkemmin. Perustelen huomioitani aineistosta poimituilla lainauksilla, joissa on eroteltu haastattelijan (H) ja opiskelijan (O1, O2) puheenvuorot. Numerointia on käytetty haastateltavien yksilöintiin eikä sillä ole muuta merkitystä. Ellipsimerkintä (...) merkitsee poistettua, epärelevantiksi koettua puhetta.

On haastavaa erotella toisistaan esimerkiksi tiedon subjektiivisuuteen ja muuttuvuuteen ja tiedon pysyvyyteen ja varmuuteen liittyviä käsityksiä, mutta pyrin silti jaottelemaan havaintojani tutkimuskysymyksittäin. Tarkastelu etenee tiedon varmuuden ja varmuuden tunnistamisen kysymyksistä tiedon muuttumiseen ja edelleen subjektiivisuuteen ja objektiivisuuteen. Tarkoituksena on, että edelliset osiot toimivat kontekstina myöhemmille. Nämä tarkastelukulmat ovat suurinkin osin päällekkäisiä, ja olen pyrkinyt käsittelemään näitä päällekkäisyyksiä jokaisessa osiossa tarpeen mukaan. Tulokset vedetään yhteen luvussa 7.

### 6.1 Tieteellisen tiedon varmuus ja varmuuden tunnistaminen

#### 6.1.1 Varma tieteellinen tieto

Haastattelujen alkupuolella opiskelijoita pyydettiin määrittelemään tieteellinen tieto omin sanoin. Nämä määritelmät olivat liki identtisiä: niissä nojattiin siihen, että tieteellinen tieto on tutkittua ja siten varmaa. Tieteellinen tieto myös erotettiin esimerkiksi mielipiteistä. Osa opiskelijoista myös pysyi ainakin aluksi tällaisessa kannassa, kun osa esitti jonkinlaisia tarkennuksia jatkokysymyksiin syvennyttäessä.

**O1:** Mille on joku varma ja selkeä selitys minkä pystyy selittämään jollain selkeällä tavalla kelle tahansa ihmiselle, et se ei oo esimerkiksi että minä uskon, vaan että asia menee näin ja sitte sille on selkeet perustelut. "Tieteellinen" tekee siitä mun korvaan virallisempaa et se on faktatietoa (...) muu tieto voi olla esimerkiksi kansanperinnettä.

**O2:** Mulle tulee mieleen et se on faktaa, et se on todistettu kokeellisesti, et se ei oo niinku vaan päästä heitetty. Se pystytään jotenkin, siihen pystyy luottaa ja sen pystyy toistaa. Et se ei oo vaikka et mulle tulee mieleen.

**O4:** No mun mielestä se on jotain sellasta missä on ne, tai siis, mikä on pystytty todistaa. Sitä on tutkittu tosi paljon ja siitä on jonkinlainen yhteisymmärrys niitten tutkijoiden välillä, eikä silleen että on monta teoriaa, vaikka voi niinkin olla.

**H:** Entäs jos se ei oo jotenkin ihan varmaa niin onks se tieteellistä tietoa vai eikö?

**O3:** No ehkä joo, mut oisko niin et siinä tapauksessa se on sellasta että sitä niinku pitäis mahdollisesti vielä jotenkin kehittää, et se ei oo silleen lopputulos vaan silleen.

Osa opiskelijoista pysyikin haastattelun aikana voimakkaammin kannassa, jonka mukaan tieteellinen tieto on yksinkertaisesti tutkittua ja todistettua, kun taas osa tarkensi määritelmäänsä monilla tietoa problematisoivilla tavoilla (ks. myös osiot 6.2 ja 6.3). Näin syntyi keskusteluita, joissa kahta yhtäaikaista tiedonkäsitystä voitiin tarkastella rinnakkain. Esitän kaksi esimerkkiä tällaisista tilanteista ja tavoista ratkaista ajattelumallien ristiriita.

**O1:** Kaikessa on mun mielestä epävarmuutta. Mikä tahansa tieto olis jollain tavalla kumottavissa, mä en sulje sitä mahdollisuutta pois mutta samalla en mä oleta että painovoiman käsite jotenkin yhtäkkiä pystyttäis kumoamaan. Ei mulla oo mitään sellasta ajatusta että miten muuten sen pystyis perustelea että asiat tippuu kun ne on maan pinnalla. Mutta eihän sekään ihan sataprosenttisen varmaa oo.

**H:** Tässä on aika kiinnostavaa tää et sä sanoit aluks että tieteellinen tieto on faktaa, mutta sit kuitenkin totesit että mikään ei oo ikinä täysin varmaa.

**O1:** Mä koen olevani realisti. (...) Mä en liian sokeasti luota myöskään tieteelliseen tietoon, mutten ala väittämään vastaan kun ei ole itsellenikään mitään näyttöä.

**H:** Tässä tuli kaks vähän erilaista näkökulmaa. Aiemmin puhuttiin että tieteellinen tieto poikkeaa muusta tiedosta, sä sanoit että se on varmaa, mutta jos sekään ei ole täysin varmaa, niin milloin joku tieto on niin varmaa että se on tieteellistä?

**O1:** Tieteellinen tieto on uskottavaa tieteellistä tietoa niin kauan kun ei oo olemassa jotain asiaa joka ois vastaan, joka kumoais esimerkiksi sen teorian.

Opiskelija tiedostaa, että "kaikessa on epävarmuutta", jolloin tiedon tieteellisyys ei tee siitä absoluuttisen varmaa. Opiskelija vaikuttaa kuitenkin liittävän tieteellisen tiedon luotettavuuden luonnon säännönmukaisuuteen: koska kappaleet vaikuttavat putoavan, painovoima on todistettu. Modernin fysiikan aikana gravitaatio onkin hyvä esimerkki

ilmiöstä, jota voidaan selittää ja mallintaa usein tavoin, eikä newtonilaisen gravitaatio-käsityksen suhde gravitaatioon ilmiönä ole yhtä suoraviivainen kuin opiskelijan perustelu olettaa – tässä nähdäänkin yhteys fysiikan tietosisältöjen tuntemuksen ja NOSK-käsitysten välillä. Esimerkkiin liittyvien piirteiden ulkopuolella (ja suoraan kysyttäessä) opiskelija vaikuttaa määrittelevän tieteellisen tiedon uudelleen: se ei ole määritelmällisesti varmaa vaan paras saatavilla oleva selitys. Tiedon tieteellisyys ei ole yksinkertaisesti sama kuin sen objektiivinen, pysyvä totuudellisuus. Tieteellistä tietoa on myös mielekästä epäillä. Eräs toinenkin opiskelija etsi ratkaisua tieteellisen tiedon varmuuden ja tentatiivisuuden ristiriitaan:

**H:** Tossa on jännää että sä ensimmäiseen kysymykseen, että mitä on tieteellinen tieto, niin siitä sä sanoit että se on niinku todistettua, mutta nyt sä kuitenkin sanot että tieteellinen tieto on jotenkin muttuvaa. Nääksä noi asiat ristiriitaisina?

**O4:** Tavallaan joo mä kyl ymmärrän sen ristiriidan mut koska musta tuntuu että tieteellinen tieto voi tarkoittaa vaik että sä teet jonkun jutun jonka sä voit todistaa, ja sit se on tieteellinen tieto mut sit se on eri juttu et se tieteellinen tieto voidaan kumota vaik lisäämällä siihen joku kolmas tekijä tai jotain sellasta, tai miten sen vois sanoa.

**H:** Eli se vaikka tarkentuu se tieto?

**O4:** Joo, tarkentuu, tai jos on pystytty todistamaan jotenkin, niin eihän sitä, harvemmin sitä koko juttua pystyy kumoamaan, vaan siihen vaikka löytyy joku uus tekijä, juttu joka vaikuttaa, mitä ei oo ennen nähty, ja sit sen kannalta voidaan kumota sellanen ajatus, että vaikka näistä kahesta syntyy joku aine, et vaikka sit voidaan myöhemmin ymmärtää et siihen vaikka tarvitaan joku vaik ilma mitä ei oo silloin ajateltu. (...) Tai sit pystytään löytämään joku laajempi yhteys asioiden välillä.

Tämä keskustelu ilmentää tieteellisen tiedon ajattelemista periaatteessa tentatiivisena, mutta silti käytännössä varmana: kerran ”todistettu” tieto pysyy todistettuna, vaikka ymmärrys lisääntyisikin. Samalla O4 vaikuttaa samastavan havainnon (yhdisteen muodostuminen) sitä selittävään teoriaan hieman samalla tavalla kuin O1 edellä samastaa kappaleiden putoamisen putoamista selittävään painovoimaan. Myös O4 sisällyttää rajoittuneeseen tietoon kumoutumisen mahdollisuuden, mutta koska havainnot itsessään ”kumoutuvat” harvoin, ei tieteellinen tieto yleisesti kumoudu vaan tarkentuu. Toisin sanoen tietokäsitys on varsin induktionistinen. ”Todistamisesta” puhuminen oli hyvin tavallista: sana esiintyy aineistossa kauttaaltaan. Useat opiskelijat eivät esimerkiksi erotelleet matematiikkaa ja fysiikkaa puheessaan ja esimerkeissään – matematiikan todistukset ja fysiikan tutkimus rinnastettiin yllättävän usein, vaikka haastateltavia ohjattiin keksimään esimerkkejä matematiikan ulkopuolelta.



**O7:** No teoriasta mulle tulee mieleen kaikki fysiikan kaavat tai matikan joku toisen asteen yhtälön kaava, se on niinku sellanen teoria, se on joskus jotenkin esitetty ja sit se on useimmiten todettu todeksi, tai niin. Et se on jonkun henkilön luoma, ja sit muut on et oh my god miten tää toimii. Sit se on niinku, sit siitä on tullu jotenkin juttu.

**O8:** Se on sellasta tietoo mikä voidaan todistaa jotenkin, silleen et se todistus pätee kaikis mahdollisis, kaikilla arvoilla. Tai emmä tiä, silleen et se pystytään todistamaan, silleen et se todistus toimii. Esimerkiks matikassa kaikilla luvuilla, ihan sama juttu.

On selvää, että matematiikan ja luonnontieteiden sisältämät tiedot ovat hyvin erilaisia, minkä vuoksi tällaiset rinnastukset ovat kiinnostavia. Onkin sääli, ettei näitä keskusteluja voitu jatkaa haastatteluissa, vaan aiheessa pysymiseksi keskustelu palautettiin luonnontieteisiin.

Jotkut opiskelijat esittivät tiedon saavan merkityksensä ensisijaisesti systemaattisuutensa eikä universaaliutensa kautta: tiedon ei tarvitse "koskea kaikkia tapauksia", jos vain selityksen pätevyysalue tunnistetaan. Tieteellinen tieto on siis "tarkempaa". Tiedon varmuus saatettiin yhdistää myös perusteluiden määrään ja laatuun. Vaikuttaa siltä, että "perustelut" tarkoittavat tässä kokeellisia havaintoja, päättelyä ja selittämistä.

**O5:** No silleen et ei ihan kaikki tieto oo, tai koske kaikkia tapauksia, et voi olla silleen et tää on yleistys, mut täällä on poikkeuksia täällä sisällä. Mut ehkä tieteellinen tieto on silleen tarkempi, että tää koskee näitä tapauksia ja sit on nää tapaukset erikseen.

**O1:** Se varmaan riippuu perustelusta, mulle perustelut kaikelle on tosi tärkeitä. Jos asia on perusteltu huonosti, ei oo tarpeeks näyttöä, niin se ei oo vakuuttavaa tietoo.

**O7:** Mä ainakin ite luotan enemmän tieteellisempään tietoon (...) Jos esim fysiikassa sä näät et näin tapahtuu ja sit se on perusteltu, niin sit se tuntuu aidolt tiedolta.

Opiskelija 7 esitti tieteen luotettavuudelle myös toisen, hyvin erilaisen perustelun. Tämän perustelun mukaan nykytieteen luotettavuudesta kertoo sen yhteiskunnallinen asema ja toimiva teknologia.

**O7:** (...) ku on kaikki tällasii älypuhelimii ja kaikkii laitteita, niin on siin jotain perää et niiden asioiden on pakko olla jotenki oikein (...) ainaki meidän koulus, on ainaski jotenki kiinnostunu tieteestä ja must tuntuu et siihen panostetaan koko ajan enemmän et lukekaa matikkaa ja fysiikkaa, se on tärkeätä, ne on

tulevaisuuden aloja, tuntuu et kyl tiede on sillee jotenki luotettavaa, jos sitä niin paljon painotetaan.

### 6.1.2 Kokeiden merkitys tiedon varmuudelle

Kokeiden tekeminen nähtiin tyypillisesti verifikationaarisena: tieteen tekijä kokeilee idean toimivuutta, ja idea tulee näin varmaksi. Kokeita pitää toistaa, mutta kokeen tarkoitus ei ole pyrkiä falsifioimaan teoriaa tai yleisesti testata teorian tuottamia ennusteita. Tämä näkyy opiskelijoiden vastauksissa kysymykseen, miksi kokeita tehdään. Toisaalta kokeita tekemällä voidaan myös etsiä kokonaan uusia yhteyksiä: koe voi osoittaa, "onko joku tietty juttu että se tapahtuu" niissä tapauksissa, joissa "toteutuukin jotain uutta". Kokeisiin liittyvä hahmotus näyttäisikin keskittyvän säännönmukaisuuksien havaitsemiseen ja ylöskirjaamiseen.

**O1:** Hmm. Kun huomaa jonkun ilmiön, niin. Ensin varmaan yrittäis toistaa sen monta kertaa, vaikka sata tai kakssataa kertaa, että toimiiko se jokaisella kerralla. Jos se on sattumanvaraista, niin yrittäis kattoo mikä sen kumoaa sen ilmiön, onks se täysin sattumanvaraista vai onko joku tietty juttu et se tapahtuu joka kerta.

**O3:** No varmaan se, et saada se varmuus, ku jos, et sä tota esim sen lopputuloksen pystyt silleen toistamaan useemman kerran, niin silleen saada se varmuus sille et se on tota, varmaa, tai on varmaa ainakin osittain sen takii.

**H:** Eli voidaan kokeilla testata toimiiko joku juttu, ja jos se toimii niin se on varmaa?

**O3:** Niin.

**H:** Millä tavoin tutkimus voi antaa vastauksen vaik johonkin kysymykseen?

**O8:** No se et olettaa et tapahtuu jotain ja sit kokeilee et tapahtuiks se. Sit jos se tapahtuu niin kokeilee vaan uudestaan monta kertaa sit jos se toteuttaa sen niin voidaan olettaa et se toteuttaa sen, ja varmaan joku muukin tutkii sen. Mut jos se ei toteudu ja toteutuukin jotain uutta ja odottamatonta niin sit sitä voidaan taas kokeilla.

Falsifiointia ei tuotu kovin usein eksplisiittisesti esille. Muutamat opiskelijat esittivät kuitenkin, että kokeiden varioiminen tekee tentatiivisesta tiedosta vähitellen varmempaa. Samalla tiedon epävarmuus liitettiin kokeen ja sen tekijän kohtaamiin käytännöllisiin ongelmiin (pilkkuvirheisiin, toistomäärän rajoitteisiin, liian yksipuolisiin koeasetelmiin)

pikemmin kuin episteemisiin rajoitteisiin (luonnon säännönmukaisuuksien epäsuoraan havaitsemiseen). Kokeiden varioimisen pyrkimys ei olekaan pyrkiä systemaattisesti falsifioimaan teoriaa vaan varmistaa, että verifikationaarisessa koessa ei ole tehty jonkinlaista käytännöllistä virhettä. Käsitykset siitä, millaisia virheitä tutkija voi tutkimuksessaan tehdä, vaikuttaisivatkin paljastavan paljon opiskelijan NOSK-käsityksistä.

**O5:** Ainakin se et jos se on tehty jollain tutkimuksella, on tehty vaan yks tutkimus, ja sit on saatu joku tällanen tieto, on et okei, se on toiminu täs yhdessä, mut jos on tehty vähän toistoo ja sitä on varioitu, niin siitä tulee koko ajan varmempaa. (...) Jos on vain yks todiste, tai vaan yks kerta et tää toimi, mut entä jos tässä ois tullu joku pikkuvirhe ja sit siitä tuliskin täysin eri tulos tästä testistä.

**O1:** Testataan, että onko se vain sattumanvaraista. (...) Tähän tää varmaan perustuu tää että mikään ei oo sataprosenttisen varmaa, koska kukaan ei voi tehdä loputonta määrää kokeita jostain asiasta. Kun se voi olla että kun tekee kokeen sata kertaa, niin sillä sadannella ensimmäisellä kerralla se ilmiö ei tapahdukaan. (...) Se ikään kuin riittää se että tehdään sata koetta.

**H:** Mitä tarkoitat sillä?

**O1:** No, ihminen on rajallinen. Niin siinä vaiheessa kun, sata koetta ei varmaan riitä oikeesti, mut jos tehtäis vaikka miljoona koetta, ja sitten se seuraava koe olis sitte ratkaissu tän, niin se miljoona kertaa riittää mulle. Sillon se on tietoa.

**O8:** Se on varmaan muuttunu tiedoks, luulis et jos niin monta tutkijaa on joka kerta kun ne käsittelee jotain molekyyliä niin ne törmää hiiliatomeihin, varmaan satoi vuosii, niin kyl varmaan joku ois huomannu et [Bohrin atomimallissa] on jotain vikaa.

**H:** No niin, kun puhutaan näitten teorioiden syntymisestä, niin mistä niitä tulee?

**O6:** Perinpohjasten tutkimusten kautta, et ollaan oikeesti tutkittu kaikki mahdolliset jutut, et se voi olla näin, näin, näin tai näin, okei lähetään tutkii, sit huomataan et se ei ookaan tätä vaan tätä, sit ollaan et "huomattiin meidän tutkimuksessa että se ei oo näitä vaan se on just tätä ja me sanottais et se on näin".

**H:** Mistä nää tulee nää tutkittavat vaihtoehdot, nää "näin, näin, näin tai näin"?

**O6:** Jos ihan vaik lähetään loogisesti ajattelee et no, mä en nyt keksi mitään muuta ku big bang theoryn, no okei mietitään et mistä maailma ois voinu syntyä, lähetään kattoo et mitä mahdollisuuksii on (...)

Edellä opiskelija 6 esittää, että kokeilla voidaan sulkea pois joitakin vaihtoehtoisia selityksiä. Loogisella päättelyllä muodostetaan "kaikki mahdolliset" teoriat, mutta tätä toisaalta rajoittaa ihmisen luova kyky keksiä selityksiä. Joitain mahdollisia teorioita suljetaan pois ja jäljelle jäänyt selitys oletetaan oikeaksi. Opiskelijan puhe antaa vaikutelman siitä, ettei käsitys tieteellisestä tiedonmuodostuksesta ole täysin lineaarinen ja absoluuttinen.

Opiskelija 7 tiedosti kaikkeen tietoon liittyvän ”filosofisen” epävarmuuden, mutta palautti kokeen luotettavuuden aistihavaintojen luotettavuuteen erottaen filosofisen, periaatteellisen epävarmuuden todellisesta, tieteellisestä epävarmuudesta. Opiskelija ei myöskään vaikuta erottelevan havaintojen ja tulkintojen funktioita. Kenties tällaisessa kannassa näkyy luokkahuonekokeiden verifikationaarisuus; käytetyt oletukset ja mallit ovat valmiiksi validoituja, jolloin riittää tutkia suureiden (”yksiköiden”) korrelaatioita:

**H:** Miten tutkimus niinku todistaa jotain?

**O7:** No siis, [naurua] siin näkee, sehän on tosi silleen et jos mentäis filosofiaan niin eihän mikään välttämät tapahdu vaan kaikki on vaan kuvitteellista, blaa blaa blaa, mut sit, yleisesti ottaen siin näkee mitä tapahtuu, vaik siin painon, tai, mitä kaikkii niit yksiköitä on, niitten muutoksist ja siit pystyy seuraa, tulee sellasii todisteita et mitä tapahtu, tosi hankala kysymys... [naurua]

Empiirisyys, kuten muutamat muutkin tieteellisen tiedon piirteet, jäivät haastatteluissa vähälle huomiolle. Kenties jotkin piirteet nähtiin niin itsestään selvinä, ettei niitä koettu mielekkääksi mainita. Kuten voi olettaa, opiskelijoilla vaikutti olevan selkeä, nykyaikainen peruskäsitys tieteen perusideoista: tietoa (sen muotoa ja varmuutta) perustellaan havainnoin. Opiskelijat eivät kuitenkaan tienneet, mitä tämä tarkalleen tarkoittaa.

**H:** Mikä merkitys sillä kokeen tekemisellä on tässä, miksi pitää tehdä koe?

**O5:** Siks että se on se millä se paperilla oleva tieto liitetään, miten se oikeesti toimii maailmassa, et tarkistetaan että me oletettiin että kun me laskettiin nää tällä tavalla niin tän pitäis toimia näin, ja sit katotaan et onks se oikeesti näin (...) Niin sit kun tekee niit kokeita ja laskee niin pystyy vertailee et mitä on ja mitä pitäis olla.

**H:** Eli hetkonen, miten toi tehdään toi vertailu? Mä käsitin että vaikka tehdään ensiks jotain laskelmia, ja katotaan vaikka tän tiedon valossa että mitä oletetaan millainen tulos saadaan ja vertaillaan kokeella saatuun tulokseen?

**O5:** No tää näin on yks tapa, mut periaatteessa voi tehdä niinkin, että ensin tekee kokeen ja sit kattoo niit tuloksia ja sit on niin että kappas, tää toimii näin, eli voi tehdä ensin laskelmia ja sit voi tutkii tai sitten voi ensin tehdä kokeita ja sit laskee.

### 6.1.3 Teorian ja tiedon suhde

Lineaarinen, verifikationaarinen ja absoluuttinen tiedonkäsitys läpäisevät aineistoa kauttaaltaan vaikkakin vaihtelevissa määrin. Myös teorian määritelmät ilmensivät välillisesti tiedekäsitysten lineaarisuutta. Teorioista puhuminen käsitteellisellä tasolla vaikutti

haastavan opiskelijoita; osa ilmaisikin, ettei osannut vastata kysymykseen teorian määritelmästä. Opiskelijat puhuivat teorioista melko konsistentisti keskeneräisenä "tiedon alkuna" ja tiedeyhteisössä kilpailevina henkilökohtaisina uskomuksina. Tutkimuksen ilmaistiin useasti alkavan "arvauksesta eli teoriasta" (hypoteesista). Teorioihin viitattiin välillä myös suurempina, kokoavina ja selittävinä rakenteina. Tällaisia ajatuksia esiintyi myös opiskelijoilla, jotka näkivät teorat keskeneräisenä tietona. Teorioiden ja tiedon erottaminen heijastelee ajatusta tieteestä, joka tuottaa lopulta "valmista" tietoa, jolle taas "teoria" on vastakohta. Eräs opiskelija myös osoitti pitävänsä ei-absoluuttista tietoa "turhana". Vaikka teoriakäsityksiin ei tässä tutkimuksessa haluttu perusteellisemmin syventyä, paljastavat ne joitain episteemisiä ajattelutapoja ja tuovat aineiston tulkinnan haasteita selvästi esiin – ja on oletettavaa, että samanlainen käsitesekaannus ja monitulkintaisuus näkyy lähes kaikissa aineiston tietoa ja tiedettä koskeissa keskusteluissa.

**O1:** Teoriassa on vähän mulle sellanen, liittyy sanaan... turha. Sellanen ajatus tai idea, jolle ei vielä oo olemassa mitään sellasta näyttöä (...) Ehkä on olemassa jonkinlainen pohja tälle olettamukselle. Ei oo varmaa tietoa. Ehkä 95-prosenttisen varmaa.

**O3:** Ainakin tulee mieleen et se on, jotain mitä ei varmasti tiedetä mut sitä on tutkittu tai oletetaan jotain, mut ei voida vielä todistaa.

**O2:** Teoriat on vähän sellasia et niistä voi olla eri mieltä, et ihmisillä on vähän niinku yleistä et joku ilmastonmuutos et siitä voi olla vähän eri teorioita, mut mun mielestä ne on vähän sellasia keskeneräisiä, saatetaan saada kuva et ne ois jotenkin jo faktoja, mut sit ne on vasta teorioita, et miten joku tulee menee, vaik ilmastonmuutos.

**O6:** Et teoriat on niitä että se vois olla näin, mut se ei ihan täysin sataprosenttisesti oo, mutta tää onärkevin ratkasu mitä me keksittiin, mut tieto taas on niinku yleis, niinku sellasia teorioita jotka on laajasti hyväksytty, et voidaan lähestulkoon väittää et se on näin, et esimerkiksi, eiks silleen se big bang oo, eiks koulussakin opeteta et maailma synty alkuräjähdyksessä, piste.

**O2:** Teoriat, no niihin tarvitaan pohjalle tietoa ainakin, ja sit niinku niiden, kun sulla on riittävästi tietoa valmiiks, kun sä oot tutkinu jo niinku ja hankkinu tietoa niistä, ja siitä tulee sellanen että ehkä voisikin olla niinku näin et tää niinku yhistäis nää asiat hyvin.

**O5:** Se on ehkä mun mielestä tarkempi kuin yleistys (...) On otettu se tieto ja tehty sellainen "näin tää toimii", tutkimuksista tulee aina vähän eri tuloksia, (...) että tällä teorialla saadaan aina tavallaan tarkkoja tai tavallaan niitä ideaalituloksia.

Opiskelijat käyttivätkin sanaa "tieto" joskus merkityksessä "tutkimusdata" ja sanaa "teoria" merkityksessä "tietorakenne". Eräs opiskelija puhui myös "varmasta teoriasta" eräänä teoriakäsitteen merkityksenä, mikä nähtiin oikeaoppisempana termin soveltamisena: opiskelijan käsitys varman ja epävarman tiedon kategorioista vaikuttaisi olevan riippumaton yksittäisestä sanasta. Muutama opiskelija tunnisti oman käsitte-sekaannuksensa.

**O8:** Teoria on kyl nyt kun asiaa miettii ni jossain fysiikan kirjoissa vast se varma teoria, vasta se tutkimuksen jälkeen.

**O2:** No, teoria vois periaatteessa olla myös silleen et, se vois olla myös sellanen tieto mikä on periaatteessa jo tutkittu, mut... tuo on niin vaikee kun mä yhistän sen myös molempiin, sellaseen ettei oo tutkittu viel, ja se on sellanen vähän hypoteesin tapainen, tai sit se on sellanen et se on tutkittu jo, mut se on vaan sellanen mitä ihmiset olettaa yleisesti. Se on vähän hassu kun mä yhistän sen niin moneen asiaan.

Tiedon varmuuteen vaikuttavina tekijöinä saatettiin nähdä tutkimuksen ja esitettyjen teorioiden määrä. Teorioita koskeva keskustelu on monella tavalla vaikeaa tulkita, mutta puheenvuorot välittävät vähintäänkin pintapuolisia mielikuvia. Erään opiskelijan mukaan vaihtoehtoisia teorioita "voittanut" teoria on vahvempi kuin jos se olisi ainoa esitetty selitys. Teorioiden vertailu onkin tärkeä ja aktiivinen osa tieteellistä tiedonmuodostusprosessia. Toisten opiskelijoiden puheesta saatiin vaikutelma, että hyväksytyt teoriat nähtiin yksiselitteisinä ja vaihtoehtottomina: tällöinkin selitys koettiin luotettavammaksi.

**H:** Mikä on laadukasta tai vähemmän laadukasta tieteellistä tietoa?

**O7:** Se jota on tutkittu paljon ja josta on esitetty eri kantoja et se ei oo vaan se yks, et sitä niinku vastustetaan et toi ei välttämättä oo oikeesti, sitä on niinku tosi paljon eri ihmiset laittanu eri näkökulmii ja sitä on tutkittu sitä kautta ja sit on löytyny se oikee ja se on mun mielestä luotettavaa et sitä on tutkittu.

**O1:** Mulle tulee ekana mieleen Idols, se laulukilpailu. (...) Että teoriat on niinku niitä kilpailijoita. Aivan valtava osuus niistä jää täysin unohtuiksi. (...) Teorioita käytetään kysymyksiin vastaamiseen. Vähän niinku joku vaikka joku peli, jossa kaikki voi yrittää esittää vastauksia johonkin kysymykseen, ja... "vain yksi on oikea."

**O6:** Yleensä luonnontieteissä on yks yleisesti hyväksytty teoria, et niinku maailman synnystä on se yks big bang -teoria, et tää nyt luultavasti oli näin, eihän me voida ikinä tietää mut me nyt uskotaan et se on näin, ei me keksitä muutaakaan oikein.

On sinänsä yllättävää, etteivät opiskelijat oma-aloitteisesti juuri tuoneet esille tilanteita, joissa ilmiötä selitetään usein yhtä vahvoin teorioin. Välillä haastateltavat suoraan kielsivät tällaisten tilanteiden esiintymisen. Toisaalta ne opiskelijat, jotka puhuivat ”kilpailevista teorioista”, näkivät teorian heikkoutena, mikäli se ei erotu muiden joukosta. Käsitykset teorioiden vertailusta jäävät kuitenkin epäselviksi. Esimerkiksi mitä opiskelija 7 on alla lainatussa keskustelussa tarkoittanut teorian todistamisella ”moneen kertaan”? Kenties todistamisella tarkoitetaan teoriaa tukevia tuloksia. Miksi teoriat väistämättä ”kumoavat” toisensa? Opiskelijat eivät välttämättä erotelleet teorioita ja tutkimusta – miten teoria itsessään voi ”kumota” teorian?

**O7:** No hyvä teoria ehkä, et se toimii, et se on todistettu moneen kertaan niinku todeks. Mut huono teoria, sillä on ehkä tosi monta sellasta toista teoriaa jotka kumoo sen. Ja kaikki teoriat kumoo toisensa, niin sit se on jotenkin huono. Jos on yks teoria ja sitä on yritetty kumota niin sit se on hyvä, et sitä ei oo saatu kumottuu sitä teoriaa.

**H:** Teoria jota on yritetty kumota mutta ei oo voitu kumota on jotenkin hyvä?

**O7:** Joo, sit se on niinku vahva tai sillai.

Tieteelle keskeinen ajatus teorioiden ennustus- ja selityskykyjen arvioimisesta ja vertailemisesta ei tullut juuri näissä haastatteluissa esiin. Opiskelijat vaikuttivat ajattelevan ensisijaisesti teorioiden keskinäistä poissulkemista. Kysyttäessä, miten teorioita voi vertailla, opiskelijat puhuivat jokseenkin tautologisesti. (Teorioiden mielekkyyden subjektiivisuuteen syvennytään osiossa 6.3)

**O3:** No en mä oikeestaan tiää voiks olla hyvää ja huonoo teoriaa, saattaa olla mielipiteestä kiinni onko joku teoria hyvä vai huono.

**H:** Mitä sä tarkotat tolla?

**O3:** Mä haen mun mielessä koko ajan jotain esimerkkiä, et mä voisin tajuta tän paremmin. Kun en mä silleen tiää. Kun eihän esimerkiksi kaikki usko evoluutioonkaan, et se saattaa olla niiden mielestä huono teoria, se koko asia, silleen.

**H:** Okei, jos mietitään tieteellisiä teorioita, niin onko jotkut niistä laadukkaampia tai huonompia kuin toiset?

**O4:** No aika usein ne on, tai ne pystytään, hm. Et, se riippuu vähän et mitä mieltä on asiasta, ja sit aika usein on sellasia mitä pystyy kumoo, tai miten se ois, tai et voi kumoo toisen teorian niiden avulla, tai silleen, jos on vaikka kaksi teoriaa jostain samasta asiasta jotka poikkeaa tosi laajalti ja on jotain ristiriitoja siinä välissä, ja sitte sitä mä en just tiedä et millaseen tietoon pohjautuva teoria on mun mielestä niinku uskottava, se riippuu varmaan asiasta et mihin halua uskoo.

**H:** Miten se voitais ne muut teoriat, tai mikä on se kilpailu missä ne voitetaan?

**O7:** No se on se et mikä niinku toimii kaikista parhaiten, mitä pystyy käyttää. Selkee ja totta oleva, mut niin, mikä nyt on totta...

Esimerkiksi näissä lainauksissa on havaittavissa merkkejä siitä, että opiskelijat liittävät tieteellisiin teorioihin erilaisia episteemisiä piirteitä kuin tieteelliseen tietoon. Erityisen tärkeä piirre vaikuttaa olevan, että samaa ilmiötä voidaan selittää usein eri teorioin, mutta vain yksi teoria vastaa todellisuutta ja on siten tietoa. On kuitenkin epävarmaa, missä määrin tällaista tulkintaa tukeva keskustelu on seurausta haastattelun rakenteesta.

#### 6.1.4 Bohrin atomimallin asema tieteellisenä tietona

Bohrin atomimallin asema tieteellisenä tietona toimi haastatteluissa spesifimpänä kontekstina tiedon varmuudesta ja varmuuden tunnistamisesta keskustelemiselle. Eräs opiskelija puhui Bohrin mallista "tutkimustuloksena".

**O1:** Se ois niinku tieteestä ja teoriasta se tutkimustulos. Että atomi on tuollainen. Se on se viimeisin.

Bohrin mallin rajoituksista puhuttaessa yksi opiskelija totesi, että jos malli on ihmisen tarpeisiin riittävä, sen todenmukaisuus ei ole oleellista. Toinen opiskelija kertoi kemiassa orbitaaleihin tutustuttuaan ajattelevansa, että Bohrin malli on yksinkertainen rakennekuva, joka kuitenkin kertoo jotain atomista. Tällaiset ajattelutavat on mielekästä tulkita osoituksiksi tiedon problematisoinnista. Toisaalta välillä opiskelijat vaikuttivat puhuvan tiedosta "opittuna tietona" (mikä koulussa lasketaan tiedoksi) eivätkä "tutkittuna tietona" (tieteellisesti vakuuttava tieto). Muutamat opiskelijat puhuivatkin haastatteluissa luokahuoneessa tapahtuvista ja todellisista tutkimuksista erottelematta näiden funktioita. Bohrin atomi (tai sen kuvaesitys) tunnistettiin tyypillisesti jonkinlaiseksi malliksi reaalisten, suoraan havaittujen nukleonien käytöksestä. Mallia ja todellisuutta kyettiin vertailemaan toteamalla, että mallissa on muutettu mittakaavaa tai yksinkertaistettu joitain piirteitä. Toiset näkivät mallin vain "oikeana" tai "todistettuna", ja tiedon varmuutta perusteltiin sen perustavanlaatuisuudella.

**O1:** En sanois teoriaks, ihan silleen, joillekin se ehkä on teoria, mutta ite, oman tiedon perusteella on sen verran näyttöä, että. Tai tuo on niinku atomin malli, ei täydellinen mutta... Siinä on mittasuhteet pielessä, mutta kaava, malli, havainnollistus. Atomin rakenteen ymmärtämisen apuväline. Ei se pelkkä kuva



ole, mutta sen taustalla on tieteellistä tietoa, jonka perusteella on sitten piirretty kuva. Ja se on mulle sen takia tieteellistä tietoa, että en tiedä enempää.

**O2:** Hahmotelma. Koska, ehkä, mä en hirveesti tiedä et onks ne niin, kyllä kai tuo on tieteellisesti todistettu, mut tuntuu et tuostakin on päästy eteenpäin, et ei oo välttisti niin yksinkertanen, saattaa olla yksinkertaistettu malli. (...) Kyllähän tossa on, on toi tietoo, tossa on jotain tietookin, tosta nähdään et tuolla on protoneja ja neutroneja ja se on varmaan ihan todistettu-todistettu, tai on, ehkä enemmän kuitenkin tietoo mut.. Se oli ehkä ennen teoriaa, mut sitä on todistettu enemmän, se on nyt tietoo.

**H:** Okei. Mut entäs jos meillä on nykyään parempia malleja, niin onks toi kuitenkin tietoo tai miten se, jos miettii vaikka sitä kvanttimekaanista atomimallia minkä mainitsit, ni onks se jotenkin enemmän tietoa tai teoriaa?

**O2:** No ehkä tää on erilaista tietoa, et toi voi olla sellasta tietoa mikä on helpompi ymmärtää ainakin mulle, mut sit joku joka tutkii asiaa enemmän saattaa nähä tuon jotenkin yksinkertasena ja vähän helpotettuna versiona, mut mulle tuokin on tietoa.

**H:** On mielenkiintosta, et se on tietoa riippuen miten yksityiskohtasen mallin haluaa.

**O2:** Joo. Kyllähän tuokin on tietoa, mut erilaista. Et ei niin et jätetään asioita pois, tai niin, yksinkertaistetaan. Mut ei kuitenkaan muuteta silleen et toikin on niinku totta.

On harmillista, ettei edellistä opiskelijaa pyydetty tarkentamaan, mitä tarkoittaa nukleonien "todistettu-todistettu" episteeminen asema. Atomimallien kohdalla (tai toisaalta haastattelun edetessä) useimmat opiskelijat tuntuivat pääsevän kiinni episteemisten kysymysten luonteeseen osan vedotessa yhä absoluuttiseen tietoon. Luulen, että opiskelijat huomasivat käyttävänsä eritasoisia epistemologioita ja episteemisiä resursseja. On tärkeää huomata, että aiheet olivat opiskelijoille uusia. Eräs opiskelija integroikin erilaisia episteemisiä tasoja vetoamalla tiedon käyttöarvoon: "tiedolla on eri tasoja" eri tarkoitusten mukaan.

**O5:** Mulla tulee mieleen että tota tutkitaan ja sillä voi tehdä asioita, atomeja on tutkittu paljon ja niistä on tehty teorioita. Tossa on yks tapa mallintaa atomia, et ei se nyt todenmukainen oo. Koska atomit ei toimi niin tavallaan yksinkertaisesti, niinku mikään toimis yksinkertasesti. Ja mittasuhteet vähän. Mut toi on yks tapa mallintaa miten atomit suurin piirtein toimii, et se on niinku yksinkertaistettu teoria.

**H:** Onks sillä sit jotain tekemistä tiedon kanssa jos se ei ihan vastaa todellisuutta vaan on tapa mallintaa?

**O5:** No kyl se on eräänlaista tietoo, että kyllä tolla tekee asioita, kyllä tolla kuvalla voi tajuta että atomit toimii niin että sillä on ydin ja sen ympärillä on ilmeisesti elektroneja. Kyllä tolla saa käsityksen miten se suunnilleen toimii, et vaikka se ei

ois täysin todenmukainen, niin se on tarpeeksi todenmukainen et ihmiset niinku pystyy elämään tietämättäkin et miten se nyt ihan oikeesti on.

**H:** Mielenkiintosta että sulla tulee tällanen ajatus että se on eräänlaista tietoa, että tieto ei oo ihan niin selkeästi rajattu.

**O5:** Niin, ei sen tarvii olla, tiedolla voi olla eri tasoja. Kun jollekin riittää että se tajuu ton eikä sen tarvii ikinä kuulla mistään orbitaaleista, ei niillä oo silleen tosielämän kannalta erityisen tärkeätä merkitystä silleen kauheen monelle. Jos pikkasen tajuu miten toi toimii, niin se on tarpeeksi. Ei kaikkien tarvii tietää kaikesta niin tarkasti. Tutkimustietoo on niin paljon ettei koskaan voi kuitenkaan oppia kaikkee, niin mitä sitä turhaan ees yrittämään.

Tietoon viitattiinkin usein oppimisen kohteena, jolloin oppimisen rajoitteet tulivat episteemisesti relevanteiksi; episteemisen kognition tutkimukseen onkin perinteisesti sisällytetty oppimiseen liittyvät käsitykset. Atomimallin ja mallien luonnetta yleensä saatettiin perustella sillä, että ne helpottavat oppimista. Tällöin jäi epäselväksi, minkälaista tietoa malli pyrkii kommunikoimaan ja miltä pohjalta malli on tehty.

**O3:** No on siinä mielessä että tolla pyritään havainnollistamaan, että kun kaikille asioille halutaan joku selitys, ja atomi on kuitenkin niin pieni asia, niin ihmiset tarvii, varsinkin kun oppii asioista jotain uutta, niin tarvii jotain minkä avulla ymmärtää et mikä se on. Toi on niinku havainnollistava.

Useampikin opiskelija esitti ajatuksen siitä, että vaikka Bohrin malli onkin ihmisen kehittämä, on sen oltava perustavanlaatuisuutensa takia totta – muuten “kaikki menisi uusiksi”. Atomimallien kohdalla jotkin opiskelijat tekivät selkeimmän eron teorian ja tiedon välille: vaikka atomimalli ei olisikaan totta, on se tietoa (muttei teoria): ajatus atomeista teoriana nähtiin epäintuitiivisena. Opiskelijoiden valmius keskustella atomin rakenteesta osoittaa, minkä takia atomimallien käsittely on hyvä mahdollisuus NOSK-opetukselle.

## 6.2 Tieteellisen tiedon pysyvyys ja muuttuvuus

Tässä osiossa täydennän edellisen osion sisältöä esittämällä havaintoja tieteellisen tiedon muutosprosesseihin liittyvistä käsityksistä. Opiskelijat ilmaisivat toisinaan, että tiedon muutoksista oli vaikea puhua ja eritoten keksiä esimerkkejä. Kenties myös “tiedon muutos” nähtiin ristiriitaisena käsitteenä, ehkäpä koska tieto nähtiin aukottoman varmaksi todistettavana ja episteemisesti heikompi ja tentatiivisempi teorian käsite oli aktiivisesti mielessä. Lukiolaiset liittivät kuitenkin “todistetun” tiedon mielikuvaan

muutoksen mahdollisuuden. Erityisesti tiedon tarkentuminen ja lisääntyminen tuotiin useasti esiin. Muutama opiskelija myös puhui tieteen revolutionaarisesta muutoksesta.

**O6:** Yleensä tieto, sä sanot että tässä on tää ja nää on mun todisteet, ja se pitää paikkansa niin kauan kunnes joku tulee todistaa toisin. Aika monta teoriaa tieteessä on ajan mittaan todettu vääräksi, et en koe et se on kauheen pysyvää. (...) Yks tieteen kriteerihän on et se on jatkuvasti itseään korjaava. Jos otetaan joku ja väitetään et tää ei ikinä tuu muuttumaan, niin aina joku pyrkii todistaa sen toisin. Niin tieteellinen tieto muuttuu koko ajan sen mukaan mitä on löydetty, se ei oo jatkuvasti pysyvää. Mut jos sitä ei ikinä pystytä todistaa vääräksi niin voidaan olla että tää on varmaan aika pysyvä juttu. Mut ikinä on aika pitkä aika!

**O4:** Musta se on muuttuvaa, koska koko ajan tehdään uusia tutkimuksia ja voidaan kumota vanhoja teorioita (...) Se uusiutuu koko ajan. Kaikki nää vanhat voidaan ainakin periaatteessa ehkä kumota, tutkimalla lisää. Silleen, muuttuvaa eikä pysyvää.

**O8:** No tieteellinen tieto on silleen ehkä, se niinku kasautuu koko ajan, kasautuu sen toisen tiedon päälle, ja se korjaa itseään ehkä.

Eräs opiskelija näki tieteellisen tiedon tentatiivisuuden osaltaan sen luotettavuuden lähteenä.

**O6:** Mä oon aina ollu jotenki pro science, kun se juttu tieteessä on että se pystyy myöntää että se on väärässä joskus, mun mielestä se on hienoo että voi myöntää et tää ei välttämättä ihan pidä paikkaansa mut me nyt haluttais sanoo että tää vois olla näin. (...) [Teoria] ei väitä olevansa oikeassa vaan et näin asia meidän tutkimusten mukaan on, ottakaa tai jättäkää. Mut tässä on tää meidän tulos mitä saatiin selville.

Eräs tiedon muutokseen liittyvä käsitys, joka aineistosta nousee esiin, on tiedon muuttumisen samastaminen ensisijaisesti sen tarkentumiseen. Tällöin vanhaa tietoa ei tarvitse kumota, mikä säilyttää sen luotettavuuden. Uusi tieto tuo vanhaan lisämerkityksiä. On epäselvää, miten tällainen ajattelutapa liittyy lukiolaisen tapaan hahmottaa tiedon konstruktivistista rakentamista tai absoluuttista löytämistä: ovatko vanhentuneet mutta mielekkäitäkin tuloksia tuottaneet mallit "oikeassa" vai "väärässä"? Tieteenfilosofian tasolla olisi kyseenalaista nähdä tiede lineaarisena edistymisen prosessina, jossa tieto kasautuu ja paranee (evolutionaarinen tiede), muttei prosessina, jossa tieto tarkentuessaan saattaa tulla myös ristiriitaiseksi ja rakentua uudestaan (revolutionaarinen tiede). Eräs opiskelija vaikutti kamppailevan absoluuttisen tietokäsityksen ja muuttumisen mahdollisuuden yhdistämisessä:

**H:** Okei, mietitään nyt tarkempia kysymyksiä (...) Muuttuuko tieteellinen tieto?

**O2:** Varmaan siinä haettais et se ois pysyvää mut kylhän sitä koko ajan tulee uutta tietoa, vanhoja tutkimuksia voidaan... Et on se muuttuvaa, tai ainakin se täydentyy.

**H:** Eli se ois ainakin täydentyvää?

**O2:** Joo? No jos se on ihan tietoo, et se on faktaa, niin sit se täydentyy, mut, hmm. No kai se voi muuttuukin, jos maailma muuttuu. Ei kai sitä voi tietää.

Tentatiivisuutta osattiin myös kuvailla. Haastatellut opiskelijat pyrkivät spontaanisti yhteensovittamaan tieteellisen tiedon (suhteellista tai absoluuttista) luotettavuutta ja muutoksen mahdollisuutta usein tavoin. Eräs opiskelija ikään kuin sanoutuikin irti tiedon absoluuttisuudesta:

**H:** Mietitään vielä sitä että miten sä näät tieteellisestä tiedosta et miten siihen liittyy pysyvyys ja varmuus ja miten siihen liittyy muuttuvuus ja epävarmuus?

**O5:** No se tieteellinen tieto on et sitä voidaan lähteä jonkin verran muuttamaan, et se ei oo täysin et asia on nyt näin, vaan enemmän silleen että me nyt oletetaan että asia on näin mutta sitä voidaan tutkailla ja kattoo onko tää nyt oikeesti vai pitäiskö tätä nyt tarkentaa. Et se on niinku suhteellisen varmaa mut sitä ei pidetä täysin oikeena, vaan sitä voidaan vielä myöhemminkin pitää oikeena, korjailla tai lisäillä.

Tämä "episteeminen akkommodaatio" vaikuttaisi perustuvan varmuuden käsitteen *laadulliseen* rikastamiseen, mutta samantyyppinen ristiriidan ratkaisu saatettiin tehdä varmuuden ja muutoksen *määrällisen* suhteuttamisen keinoin:

**H:** Nääksä et vaikka fysiikassa, jos joku tieto on tutkittu, onks se ihan varmaa vai voiks se muuttua?

**O8:** Tietenkin se muuttuu ja sitä parannellaan, varmaan jokasessa asiassa et niihin löydetään tarkempia keinoja, uusia asioita. Ainahan se jätetään silleen et sitä voidaan muuttaa.

**H:** Mitäs jos joku kysyisi että, no jos se tieteellinen tieto muuttuu niin onks se sit tietoo ollenkaan?

**O8:** No onhan se, mut harvoinhan se ihan radikaalisti muuttuu toiseen suuntaan, et yleensä sitä parannellaan. Ja sit eri aloilla tutkitaan asioita eri tavoilla, ja uudet tutkijat tulee tutkii samaa asiaa eri näkökulmasta ja asiaan löytyy jotain uutta.

**H:** Eli se on yhtä aikaa luotettavaa mutta sitä voi parannella?

**O8:** Joo, on se luotettavaa mut ei kaikkee kuitenkaan kannata usko.

Opiskelijat tuntuivat käsittävän, että tiedon muutoksen takana on usein ristiriitojen havaitseminen. Eräs opiskelijoista osasi mainita esimerkiksi planeettojen olemassaolon pääättelemisen muiden planeettojen ratoja tutkimalla ja vertailla ääneen tilanteita, joissa

nykytiedossa oleva aukko tunnistetaan selittämättömäksi ilmiöksi, ja tilanteita joissa ilmiötä ei aluksi tiedosteta.

Tällaisissa keskusteluissa oli haastavaa erottaa, milloin tiedon muutoksilla tarkoitettiin tietoina pidettyjen väittämien aseman muuttumista ja milloin sitä, että tieteellisen tiedon muodostama kokonaisuus muuttuu (esimerkiksi uuden, vanhasta irrallisen tiedon syntyessä). Tämä moniselitteisyys todettiin analyysin kannalta hankalaksi: samalla sanalla saatetaan viitata episteemiseen "asemaan" (jolloin tieto muuttuu) tai sen sisältämään väittämään (jolloin tieto korvautuu) – tai tietoon laajempina kollektiivina:

**O3:** Joo, tai sitten jos on esimerkiksi saatu tota joku käsitys niin et jos se sit todetaanki vääräks, niin emmä tiedä onks se sit kehittymistä, mut ymmärretään kans sit sen perusteella et joku asia ei ookaan niin, esimerkiksi.

**H:** Mitä sä tarkoitat tolla?

**O3:** Jos päästään vaik väärään tulokseen, onhan sekin sit omalla tavallaan sit kehittymistä, et jatketaan sitä sit siitä, et päästäänkin sit oikeeseen lopputulokseen.

Tieteen kumulatiivinen luonne saatettiin liittää osaksi muutosprosesseja. Tällöin tieto muodostaa sisäisesti toisistaan riippuvia rakenteita, joissa muutokset kertaantuvat. Tämä ajatus liittyy läheisesti tiedon teoriapohjaisuuteen, johon syvennyttään seuraavassa osiossa.

**H:** Onks se niin et se on tietoo, atomi on tollanen, me tiedetään tää, eteenpäin?

**O6:** No se on kyl ollu ainaki sellanen, ei kukaan oo kyllä lähteny kyseenalastaa sitä missään fysiikan tai kemian tunneilla, koska sit jos joku todistais et atomit ei oookaan tollasia niin sithän se ois et kaikki menis uusiks, et musta tuntuu et jos joku todistais ton väärin, mä en tiä onks joku just yrittämässä todistaa noita asioita, mut niin.

**O8:** Eihän se nyt varmaan oikeesti oo ton näkönen, jos kattois jollain mahdollisuudella. Ni varmaa, no tota pidetään tietona, sen voi sanoo. No, emmätiiä, hiili on yks niistä perusjutuista, jos yhtäkkii huomattais et tos on jotain virheitä ni varmaan kaikki mullistuis. Mä pitäisin sitä tietona.

Eräs yllättävä ja kiinnostava yksityiskohta aineistossa on opiskelijoiden esimerkkien käyttö. Suoraan tiedon pysyvästä tai muuttuvasta luonteesta puhuttaessa opiskelijat ottivat usein puheeksi erityisesti esitieteellisen historian aikaiset maailmankuvan muutokset. On hyvä kysyä, mistä esimerkkien rajoittuneisuus johtuu, sillä nykyaikaisenkin tiedon muutoksia pidettiin mahdollisina.

**H:** Tuleeks sulle mieleen jotain esimerkkii, jos yrität miettii jotain tapausta jossa tieteellinen tieto on muuttunu?

**O2:** Öö, no se et maapallo oli littana ei varmaan ollu niin tieteellistä tietoa sillon, mutta ne ehkä ajatteli niin, mut se onkin pallo. Mulle tulee mieleen vain toi.

**H:** Toi on tosi tunnettu esimerkki. Tiiätsä miten toi tapahtu toi muutos?

**O2:** En, mut joku rohkea uskals väittää vastaan, ja sit... Mutta niin, siis, on niitä varmaan paljon kaikkii esimerkkejä, kun nykyaikanakin uutta tietoa kumotaan.

**H:** Osaatsä sanoa mitään selkeetä esimerkkiä siitä, miten tieteellinen tieto muuttuu?

**O5:** No se miten maapallo toimii, että ensiks on luultu että kaikki kiertää maapallon ympärillä ja sit on oltukin että ei tää toimi näin vaan kaikki kiertääkin auringon ympäri, ja sit et ei tää toimikaan näin vaan et kaikki kiertää jonkun muun asian ympäri.

**H:** Okei, miten toi on muuttu, millasia noi muutokset on ollu?

**O5:** No varmaan sillai et on tehty oletuksia sillä määrällä tietoa mitä on ollu, ja sit on ollu silleen et no kun katson taivaalle niin kaikki näyttää liikkuvan maapallon ympäri, mutta sit kun on saatu lisää tietoa ja lisää välineitä, tällänenkin on että lisää välineitä niin lisää tietoa, niin sitten on laskettu ja tutkittu ja tehty näin.

**O7:** No kun kattoo historiaa niin onhan se ollu et pliiis miks te ootte aatellu tolleen, ei toi oo totta, että nythän on tullu uusii tutkimuksii joiden mukaan vaik silleen maapallo ei oo flat, vaan se on pyöree, niin ne koko ajan kehittyä eteenpäin, toivottavasti.

Kuten edellä on todettu, opiskelijat saattoivat nähdä tiedon syntyvän teorioiden kilpaillessa keskenään. Esimerkiksi yksi opiskelija esitti, että tieto korvautuu uudella, jos jonkin teorian selitysvoima on toista suurempi. Tällainen ajatus liittyy tieteellisen tiedon dynaamisuuteen ja systemaattisen, empiirisen perustelun ideaan. Kaikki opiskelijat puhuivatkin teorian muutoksista riippumatta "tiedon" muutoksiin liittyvistä käsityksistä.

**H:** Jos mietitään et tieteellinen tieto on niinku jonkinlaista, se voi olla laadukkaampaa tai vähemmän laadukasta, niin voiko se tieteellinen tieto myös muuttua? Miten pysyvää tieteellinen tieto on? Voiks tieteellinen tieto muuttua, ja jos voi, niin miten?

**O1:** Mulle tulee tosta ekana mieleen niinku hiukkasteoria ja säieteoria. Et kuitenki ku on tosi selkeet no just perustelut, ja on näyttöä silleen et miten kaikki on rakentunu, mut jos olis olemassa joku toinen yhtä hyvä perustelu, yhtä hyvää näyttöä tai parempaa näyttöä, niin ikään kuin vanhenee tai kumoutuu se vanha tieteellinen tieto.

Atomimalleista keskusteleminen tarjosi joitain mahdollisuuksia tutkia, miten opiskelijat liittivät episteemisiä resurssejaan ja kantojaan fysiikan oppiaineen tietosisältöön. Eräs varsin suoraviivainen esimerkki on se, miten osa opiskelijoista viittasi vahvemmin

absoluuttisen totuuden lähestymiseen ("lopullinen" malli joka toisaalta voi vielä muuttua) ja osa nojasi pikemminkin mallien selitysvoiman parantumiseen ("viimeisin" malli).

**H:** Mikä tää kuva oikeestaan on sun mielestä, miks just tällanen kuva?

**O1:** Se ois niinku tieteestä ja teoriasta se tutkimustulos. Että atomi on tuollainen. Se on se viimeisin.

**H:** Okei, osaatsä sanoa miten tää tässä liittyy tietoon? Tai kun sä näät tollasen kuvan, niin mitä tieteelliseen tietoon liittyviä ajatuksia siitä herää?

**O1:** Tieteelliseen tietoon. Se on varmaankin joku atomimalli, on ydin ja elektronikuori (...) Tohon on tarvittu paljon tietoo et on voitu hahmotella ees noin paljon, ja sit nykyään on varmaan paljon tarkempiikin hahmotelmia siitä miten atomit muodostuu, meillä oli kemiassa just jotain sellasta et tää oli se yksinkertanen malli ja sit on niitä vaikeempia, niitä kvanttimeka, emmä muista mitä. Et on päästy eteenpäin tuosta jo.

**O3:** Varmaan aikasemmin on ollu teorioita et mitä on atomit, ja miltä näyttää ja tälleen, ja ehkä se on teorian pohjalta tutkittu ja sit on saatu se tieto et miten se loppujen lopuks on, et tää on se tieto mitä siitä on tullu.

**H:** Eli meillä on aikasemmin ollut teorioita, mutta sitten on saatu tieto että se on tollanen. Onks kuitenkin mahdollista että tuo vielä muuttuu, tuo tieto atomista.

**O3:** Voi tietysti olla, jos siitä ei sit olekaan saatu loppujen lopuks selville kaikkee, tai jos löytyy jotain uutta siihen liittyvää tietoa, niin saattaa olla että siihen on vielä jotain teorioita jotka liittyy jotenkin, tai jotain uutta asiaa tuohon vanhaan tietoon vielä.

**H:** Sä sanoit että meillä on aikasemmin ollut teorioita ja nyt meillä on tietoo. Jos tää nyt kuitenkin muuttuu, niin onks tää nyt sit tietoo vai onks tää teoriaa?

**O3:** Ehkä se on siinä tapauksessa jotenkin teoriaa samalla, et molempia yhtä aikaa, tietoo ja teoriaa, et ei tiedetä et onks toi ihan se lopullinen, et siinä mielessä teoriaa.

Jälkimmäisessä on kiinnostavaa myös opiskelijan ratkaisu teorian ja tiedon epistemisestä erottelusta seuraaviin ongelmiin. Opiskelijaa on kannustettu kysymyksen äärelle hieman keinotekoisesti, mutta hänen reaktionsa kertonee jotakin: tieteellisen tiedon tentatiivinen mutta vakuuttava luonne ikään kuin rakentuu teorian ja tiedon komponenteista, missä tietoa lisätään ja teorat muuttuvat. Opiskelija liittää muuttumisen mahdollisuuden atomimalleja koskevaan tietoon ainakin haastattelun pohdintaan kannustavassa kontekstissa.

Kokonaan uuden tiedon nähtiin syntyvän inhimillisestä uteliaisuudesta, yllättävän ilmiön huomaamisesta tai poikkeuksesta oletetussa säännönmukaisuudessa. Uuden tiedon nähtiin syntyvän havainnoinnin pohjalta pikemmin kuin pyrkimyksessä selittää ilmiöitä. Tiedon rakentamisprosessiin liitettiin ainakin useimmiten jonkinlainen systemaattinen havainnointi.

**H:** Mistä uutta tieteellistä tietoa tulee, miten se saa alkunsa?

**O6:** Joku huomaa jonkun epäkohdan vanhassa tiedossa ja lähtee miettii että mites tää vois olla näin, et tää ei nyt ihan tee järkeä. Ja sit se lähtee tutkii sitä että tässä on nää kaikki jutut mitä tästä on sanottu ja tää ei mätsää tähän, ja sit se tekee vaik uudestaan jonkun tutkimuksen mikä tässä on tehty, ja sit jos se ei saa samaa tulosta niin sit se saattaa olla että tää on väärää tietoa (...) [Joskus] kaikki muutkin on että sä oot ihan oikeessa, tää ei ookaan näin, niin tälleen se yleensä rakentuu. Tai sit jos joku huomaa jotain mitä ei oo aikasemmin huomattu, et vaikka, hei miks toi tapahtuu, miettii jotain mitä kukaan ei oo miettiny, niinku ihmisen uteliaisuuden kautta.

**O4:** Varmaan jotenkin havaintojen kautta, et havaitaan joku asia ja aletaan tutkia sitä. Ja sit tosi monien tutkimusten ja sellasten asioitten määrittämisen kautta pystytään huomaamaan miten jotkut asiat liittyy johonkin. Ja sit kun sitä on tutkittu tarpeeks kauan ja on tullu yksimielisyys niin ehkä on luotu tieteellistä tietoa.

Aineistosta ilmenee useita muitakin kantoja, joita ei tässä tarkemmin eritellä. Eräs opiskelija näki urauurtavan tutkimuksen (ja siihen osallistuvat tutkijat!) epäluotettavana. Nykyaikainen tieto nähtiin parempana tietona, mitä perusteltiin pääasiassa ainoastaan nykyisellä paremmalla mittausteknologialla. Kysyttäessä voisivatko nykyisenkaltaiset tieteelliset käsitykset kumoutua tulevaisuudessa, osa opiskelijoista oli epäileväisiä, kun taas eräs opiskelija perusteli episteemistä varautuneisuuttaan tieteenhistorialla:

**O7:** No mä ajattelen sen silleen et ne ihmiset jotka joskus muutama sata vuotta sitten on aatellu et joo tää tieteellinen tieto, tää on niin totta, mitä mä ajattelen nyt, mut must tuntuu et se on kehittynyt niin paljon siitä kuiteski.

## 6.3 Tieteellisen tiedon subjektiivisuus ja objektiivisuus

Subjektiivisuuteen ja objektiivisuuteen liittyvissä käsityksissä oli nähtävissä yhtä lailla vaihtelua. Suurin osa opiskelijoista vaikutti kokevan subjektiivisuuden haastavaksi asiaksi hahmottaa. Haastattelujen alussa tieteellistä tietoa määriteltessä useimmat opiskelijat liittivät tieteeseen objektiivisuuden ainakin siltä osin, että tieteellinen tieto erotettiin mielipiteistä:

**O1:** (...) sellasta mille on joku varma ja selkeä selitys minkä pystyy selittämään jollain selkeällä tavalla kelle tahansa ihmiselle, et se ei oo esimerkiksi että minä uskon, vaan että asia menee näin ja sitte sille on selkeet perustelut.



Suoraan tieteen kulttuurillisista, historiallisista ja yksilöllisistä vaikutteista kysyttäessä osa opiskelijoista ei problematisoinut yksinkertaista objektiivisuuden ideaalia. Tähän aiheeseen liittyvät kysymykset oli pyritty muotoilemaan siten, etteivät subjektiivisuuteen tai objektiivisuuteen liittyvät assosiaatiot johdattelisi vastausta: konstruktivistis-episteeminen subjektiivisuus on luonteeltaan selvästi erilaista kuin "puolueellisuus".

**H:** Vaikuttaako, kun joku tekee tutkimusta, se, kuka se on, missä se on ja mikä aika historiassa on menossa? Onks se ihan sama että kuka sitä tekee ja missä ja millon?

**O1:** No on se jos siinä on täysin samat materiaalit ja kokeen tekijä on siinä täysin objektiivinen. Niin kyl se sillon on.

**H:** Mitä se objektiivisuus oikeestaan tarkoittaa?

**O1:** No, mulle tulee ekana mieleen jotkut tällaset kolamakutestit, että jos coca-cola on päättäny järjestää makutestin ja sit yllättäen coca-cola voittaa sen makutestin.

Useat muutkin haastateltavat esittivät samanlaisia kantoja: tiede nähtiin lähtökohtaisesti objektiivisena, ellei tieteen tekijä vääristele tuloksia. Myös uskonnollisten tabujen vaikutus tutkimukseen mainittiin usein, mutta muita kulttuurillisia tekijöitä ei esitetty. Muutama haastateltava ei ollenkaan osannut vastata, mitä vaikutuksia nimetyillä tekijöillä voisi tutkimukseen olla. Aikakauden merkitys nähtiin siten, että nykyinen tiede on yksinkertaisesti parempaa kuin aiempi. Tutkijan taustan vaikutus nähtiin ensisijaisesti "hyvinä (objektiivisinä) pohjatietoina", mikä saattaa liittyä lukiolaisten tapaan ajatella tiedettä ammattina pikemminkin kuin prosessina (vrt. McComas ym. 1998).

**O2:** No, on hyvä tietysti että on koulutus, että tietää asiasta jotain että pystyy tekee sen oikein ja sitte että on objektiivinen, että jos on vaikka uskonnollinen tai tällanen niin ei antais omien mielipiteiden vaikuttaa, vaikka ei välttis ite huomais että antaa jonkun asian vaikuttaa, vaan pystyis mahdollisimman objektiivisesti tekee.

**H:** Uskoksä että se vaikuttaa paljon kuka on tekemässä?

**O2:** No en, en oikeestaan, mutta varmaan on sellasiakin tilanteita. En hirveesti. Kunhan vaan on faktat kunnossa ja kouluttautunu.

Toisaalta aineistossa esiintyy tilanteita, joissa opiskelija selvästi ilmaisee tieteellisen toiminnan olevan konstruktivistista tai subjektiivista. Eräs opiskelija pohti, voiko tutkija jättää huomiotta tulokset, jotka eivät ole linjassa oletusten ja vallitsevien teorioiden kanssa. Tällaiset tilanteet ovat joissain tieteenhistorian murroskohdissa ja nykytieteessäkin keskeisiä.

**O5:** No ihminen halua saada tavallaan niitä tuloksia mitä on olettanu. Ja ehkä jos on olettanu jotain, ja nyt tuli tosi erilaisia tuloksia, niin helposti on että mulla saattaa olla joku mittausvirhe jossain, että mulla meni nyt jotain pieleen, mikä on tietysti aina myös mahdollista mutta voi olla myös että mun tulokset vaan tulee tällasiks.

**H:** Tiiätsä mitään esimerkkiä tästä ilmiöstä?

**O5:** Ei mulle tuu mieleen.

Opiskelija 5 viittasi myöhemmin myös siihen, että tutkijat yrittävät "jalostaa tutkimuksen tulokset kauniiseen muotoon", esimerkiksi suoran yhtälöksi, mikä edellyttää mittausvirheiden erottamista varsinaisista korrelaatioista. Opiskelija 5 ei kuitenkaan esittänyt tätä osaksi tutkijan subjektiivisuutta (kysyttäessä tutkijan vaikutuksesta tutkimukseen) vaan ilmaisi tämän olevan tavallinen vaihe tieteellisessä tutkimuksessa. Opiskelija 7 liitti jonkinlaisen matemaattisen yleistämisen osaksi tieteellistä tiedonmuodostusta, mutta näki näin syntyvän "kaavan" olevan yksiselitteisesti todettavissa. Opiskelija 6 totesi, että yleistetty teoria on "ikään kuin aina oikeassa", vaikka toisaalta teoriaa muodostaessa on ehkä "tehty päättömii johtopäätöksiä, et on niinku, jump to conclusions, vedetty mutkia suoraks". Teorioihin liitettiin toisinaan siis sekä systemaattisen yleistämisen ideaali että tähän väistämättä liittyvä problematiikka, vaikka subjektiivisuus samastettiin usein virheellisyyteen.

Opiskelijat esittivät varsin vaihtelevia käsityksiä niin tieteen intuitio- kuin teoriapohjaisuudestakin. Käsitys tieteellisestä toiminnasta teoriapohjaisena yhdistyi joillakin opiskelijoilla käsitykseen tieteestä subjektiivisena, kun taas toiset eivät nähneet teoriapohjaisuutta problemaattisena.

**O1:** Ensin on ongelma, josta muodostuu kysymys, että miks tää asia tapahtuu, teoria yrittää vastata tähän, mutta se ei välttämättä onnistu.

**H:** Okei. Osaisitko vielä jotenkin kertoa, miten tää arvaus tai teoria syntyy?

**O1:** No jotkut teoriat syntyy ihan vaan intuition pohjalta, mutta en kyllä osaa sanoa mitään esimerkkiä. Ja voidaan katsoa samantyyppisiä tilanteita, että mikä näihin vaikuttaa, ja niitä perusteluita. Ja ennen kaikkea olemassaolevan tiedon perusteella. Ja sitten voidaan katsoa että poikkeako se siitä vai meneekö se samoilla linjoilla.

Edellisessä lainauksessa opiskelija esittää, että sekä intuitio että olemassaoleva tieto vaikuttavat siihen, millaisia teorioita tai hypoteeseja tieteentekijät muodostavat. Intuition vetosivat myös kaksi muuta opiskelijaa hypoteesien synnystä kysyttäessä:

**H:** Osaatsä sanoa jotenkin vielä että miten se syntyy?

**O2:** No, teorial. Se on silleen et yhistellään, niinku aivot yhistelee, jotain vanhempaa tietoa ja kaikkee mitä sä, kun ihmiset tietää niin paljon kaikkee, ja kun lisää tietoo tulee niinku just mediasta, kaikesta näistä, ja sitten sä yhistät sitä jotenkin siihen miten asiat, emmä tiä se on niin silleen monimutkasta. Jotenkin tulee ajatus jostain.

**O6:** Se tulee, no se tulee, perustuu kaikkeen mitä sun sisällä niinku täällä liikkuu [osoittaa päätään], kaikki tieto, kaikki mitä on aikasemmin oppinu, kaikki kokemukset, menneisyys ja nää. Niin, varmaan siihen liittyy jotenkin persoonallisuuskin ja tällaset, vaikka sen pitäis olla sitä et vaan tietoon perustuvaa, periaatteessa.

Jälkimmäisessä lainauksessa opiskelija vaikuttaa yhdistävän relativistista epistemologiaa aiempaan, absolutistiseen tiedekäsitykseensä. Opiskelija näyttää myös tiedostavan käsitysten välisen jännitteen: tiede on inhimillisin tavoin problemaattista, vaikeiden "periaatteessa" pitäisi olla. Eräs opiskelija taas koki "selitysten keksimisen" ja "kokeiden tekemisen" olevan vastakkaisia, kenties toisensa poissulkevia kategorioita:

**H:** Mut miten, mikä on niiden kokeiden merkitys? Minkä takia niitä tehdään?

**O4:** Et voidaan todistaa jotain, tutkii mitkä tekijät vaikuttaa johonkin, tai mistä ne on lähtöisin. Jos sä vaikka huomaat et ulkona tuulee ja haluat tietää et miks, niin täytyy tutkia, eihän sitä voi vaan... Jos siitä halua tieteellistä tietoa, niin sit sitä täytyy tutkia. Mut jos ite halua keksiä jonkun paremman selityksen, niin kai sit niinkin voi tehdä.

Hypoteesien ja olettamusten (tai, useiden opiskelijoiden terminologialla, teorioiden) rooli nähtiin lähes pelkästään kokeiden suorittamista motivoivana.

**O2:** Tai yleensä on jotain et me ei niinku aleta tutkia mitään jos me ei uskota että on sinä niinku käy mitään, et yleensä on joku oletamus et miten se menee. (...) Emmä usko että kukaan alkaa tutkii mitään jos ei oo minkäänlaista olettamusta tai mitään.

**O4:** Musta tuntuu että eka on tarvittu sitä tietoo että sitten on pystytty tekee joku teoria, ja sitte siitä on tullu joku uus tieto, et sen teorian avulla on päästy johonkin lopputulokseen, mikä tavallaan on se tieto itessään, mut myös sen teorian rakentamiseen on tартettu tietoo, jos miettii jotain tieteellisiä teorioita.

Kuten aiemmin on todettu, opiskelijoiden tapa käyttää termiä "teoria" nähtiin analyysin kannalta hankalana. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että haastatellut opiskelijat viittaavat herkemmin siihen, että hypoteesit ohjaavat tutkimuksen kulkua kuin siihen, että teorit ovat välttämättömiä, jotta tutkimuksen toteutus ja tulkinta on mielekästä. Jos tiede on ideoiden yksiselitteistä kokeilemistä, tulkintaa ei tunnisteta välttämättä lainkaan. Toisaalta nimenomaan teorioiden synty liitettiin usein yksilölliseen ajatteluun. Eräs opiskelija kuitenkin puhui tutkimuksen tulosten työstämisestä sekä oletuksista:

**H:** Miten tieteellistä tietoo syntyy? Mistä sitä tulee?

**O5:** No sitä tulee ihmiseltä joka lähtee tutkii asiaa, lähtee tekee testejä ja kokeita, ja ottaa siitä tuloksii ja sitten työskentelee niiden tulosten kanssa ja muokkaa niistä, tai siis työskentelee että saa niistä jotain tietoo irti.

**H:** Osaatsä kertoa lisää tuosta prosessista? Miten se alkaa ja etenee.

**O5:** No en mitenkään superpaljon, mut varmaan et mitä haluu lähtee tutkailemaan, ja sit tekee jotain oletuksia, sit tietysti tekee mahdollisimman yksinkertaisia kokeellisii, tai tietysti jonkin verran voi käyttää valmiita, sitten lähtee siitä, jalostaa kans.

**H:** Mitä sä tarkoitat oletuksilla, onks jotain esimerkkiä et miten oletuksia tehdään?

**O5:** (...) Voi käyttää valmiita tietoja, vaikka fysiikassa voi olettaa putoamiskiihtyvyyden vakioks, ei tarvii lähtee aina nollasta tekemään tutkimusta. Voi vaan olla et nyt oletettiin että tää toimii tällä tavalla, ja nyt tutkitaan tätä seuraavaa vaihetta, koska muuten tiede ei oikeestaan koskaan etenis yhtään mitenkään.

Opiskelija 5 esitti myös monipuolisen listauksen tieteellisen tiedon subjektiivisuuden muodoista: tiedostamattomien pyrkimysten lisäksi tutkimukseen vaikuttaa suuri joukko implisiittisiä pohjaoletuksia.

**H:** Onks jotain muita asioita jotka vois tehdä jotenkin laadukkaammaks tai vähemmän laadukkaaks sen tiedon?

**O5:** No tulee mieleen et missä lähteestä se on, tai ainahan ne on ihmisiä jotka tekee sen tutkimuksen, niin et millaset niinku lähtökohdat on silloin ollu, ja millaset oletukset, koska myöshän ne oletukset vaikuttaa siihen miten voi tehdä sitä tutkimusta, ja myöskin ne sun tavoitteet kun sä lähdet tekee sitä tutkimusta, et voiks olla jotain et ei haluta et joku asia toimii näin, et on vaikka vähän vähätelty jotain, osittain varmaan sekin et kuka sen on tehny, voi kattoo.

Opiskelijat toivat esille joitain puhtaan lineaarista tiedekäsitystä hienovaraisempia näkemyksiä. Esimerkiksi yksi opiskelija teki hyvinkin tarkkasilmäisen havainnon, joka tiivistää tieteellisen tiedon teoriapohjaisuuden hyvin selkeään ilmaisuun. On sääli, ettei opiskelija ollut haastatteluun mennessä saanut lukiofysiikalta relevantteja esimerkkejä.

**O7:** Mut useimmiten jossain tutkimukses on kyl joku teoria jonka perusteel se tehdään, ja joku ihan tosi tosi perusteoria, joku ihan arkipäiväinen, niin kyl ne yleensä siel on mukana, ihan tietämättäkin. En mä oikeen osaa sanoo esimerkii, mut kyl jotain sellasii on perusjuttui on varmasti siellä, jonkun lauseen seassa.

Vastaavanlaiseen keskusteluun päädyttiin toisenkin opiskelijan kanssa. Hän esitti, että tiede on joskus teoriapohjaista, mutta tämä on ikään kuin valinta. Opiskelija kuitenkin tiedostaa, että saadut tulokset ovat subjektiivisia siltä osin, että niiden pätevyys pohjautuu oletuksiin.

**H:** Sä myös mainitsit että teorioita voi käyttää pohjana, et jos on jotain aiempia teorioita niin ne voi vaikuttaa tutkimukseen. Miten sä näät, jos joku tutkimus rakentuu jonkun teorian päälle, niin voiko se olla ongelma sille tutkimukselle?

**O8:** No saattaa olla, jos se teoria sattuis muuttumaan, niin sit sen tutkimuksen tuloskin vois muuttuu. Mut joissain tapauksissa on välttämätöntä käyttää jotain teoriaa siinä.

Opiskelijat, jotka näkivät tieteellisen tiedon todenmukaisuuden ja varmuuden itsessään monimutkaisena kysymyksenä, saattoivat esittää vivahteikkaampia käsityksiä tiedon objektiivisuudesta. Eräs esimerkki tästä on opiskelija, joka tiesi Bohrin atomimallin olevan karkea yksinkertaistus mutta koki sen silti todeksi. Monille opiskelijoille Bohrin atomimalli oli silti atomikäsityksen pohja, ja niinpä tämäkin opiskelija koki, ettei Bohrin atomimalli sisällä "epätotuuksia" vaikka se ei sisälläkään kaikkia "totuuksia". Atomimalli siis rakentuu objektiivisen totuuden pikemmin kuin subjektiivisen ajattelun päälle.

**O2:** Kyllähän tuokin on tietoa mut niinku erilaista. Ei niin et ehkä jätetään asioita pois, tai niin, yksinkertastetaan. Mut ei kuitenkaan muuteta silleen et toikin on niinku totta.

Kysymys siitä, "löydetäänkö" vai "luodaanko" tieteellinen tieto, jakoi mielipiteitä. Opiskelijat saattoivat tosin perustella kumman tahansa sanan käyttöä samoin argumentein. Joka tapauksessa osa opiskelijoista koki tieteellisen tiedon olevan havaitisijasta riippumatonta, kun taas osa näki tiedon aktiivisesti konstruoituna. Opiskelijat saattoivat myös pyrkiä löytämään näiden kantojen väliltä kompromissia puhumalla esimerkiksi mallintamisesta. Toiset eivät nähneet tiedon syntymistä

konstruktivistisena prosessina, vaan vetosivat objektiiviseen ontologiseen todellisuuteen: maailma ei riipu ihmisestä, joten tietokaan ei riipu ihmisestä.

**01:** [Tiede on] enemmän [tiedon] löytämistä. Keksiminen on vähän sellasta ikään kuin jotain ilmiötä ei olisi olemassa ennen kuin ihminen keksii sen ilmiön.

**05:** Löydetään, koska ne kuitenkin perustuu jotenkin maailmaan, ja onhan ne jotenkin olemassa jo, ihminen vaan haluaa kirjoittaa ne jotenkin kauniisti ylös ja mallintaa maailmaa jotenkin matemaattisesti, niin minusta se on enemmän löytämistä.

**06:** No mä sanoisin et löydetään, koska maailmassa kuitenkin, varsinkin fysiikka, se kaikkihan on olemassa jo. Et ihmisen pitää vaan tavallaan löytää, et ethän sä voi keksii mitään fysikaalisia kaavoja noin vaan, vaan sun pitää löytää se, just niinku tutkiminen, just englanniks sana "re-search", uudelleen etsiminen, niin se kaikki on olemassa tässä maailmassa, ihmisen pitää vaan löytää joku järkevä tapa jolla sen saa saatettuu sellaseen muotoon että sitä pystyy ymmärtää.

Tällainen sinänsä järkevä ajattelutapa lienee yleinen. Kiinnostavaa on ajatuksen lähtökohta: tiede rakentuu objektiiviselle todellisuudelle pikemminkin kuin subjektiiviselle havainnoinnille. Tämä yhdistyi usein matematiikan ja fysiikan "todistusten" rinnastamiseen. Sama ilmiö on havaittavissa kommentteissa, joissa opiskelijat olettivat, että yhden teorian täytyy määritelmällisesti olla selkeästi toista parempi. Eräs esimerkki tästä on seuraava:

**07:** Jos on paljon teorioita samasta aiheesta et joku sanoo et tää on näin ja toinen et tää on näin, niin sit se on vähän et kumpaan mä uskon, tai sit jos niitä on vielä enemmän niin sit on silleen et häh mitä ihmettä, sit tuntuu et ne kaikki vaan kumoo toisensa ja mikään ei oo totta ja sit tulee sellanen et ää, miten tää asia toimikaan.

Opiskelija vaikuttaa vetoavan, että sekä todellisuus että tieto ovat ongelmattomasti yksiselitteisiä. Kenties osasyt tähän on tiedon näkeminen atomaarisina palasina eikä merkityksien rakennelmana. Toinen opiskelija liitti tiedonmuodostuksen vahvasti aktiiviseen inhimilliseen ajatteluun, eikä konstruktivistinen tiedonkäsitys vaatinut todellisuutta, joka olisi täysin ihmisen keksimä. Eräs perustelu tälle oli tiedon kumulatiivisuus ja teoriapohjaisuus:

**02:** [Tieteellinen tieto] luodaan. Mun mielestä luodaan, vaikka periaatteessa... Luodaan. Koska se on niin sellanen, siihen liittyy niin paljon kaikkee, erilaisia

asioita, kun teorial voi olla niin erilaisia, niin ei ne vaan niinku löydy. Vaan ne kehittyy pitkänä aikana, ja sit niistä tulee täydellisempiä, mut ehkä, joo, enemmän luodaan.

**H:** Mitä se tarkoittais että teorial löydetään?

**O2:** Löydetään no silleen että ne asiat on jo ollu jo niin, et se ei oo että mä luon jonkun tapahtuman, jonkun fysikaalisen ilmiön, mutta no, jos ne löydetäis niin ne ois vaan jotenkin valmiina, mutku niihin pitää lisätä niin paljon muuta. Hmm.

**H:** Mitä muuta niihin pitää lisätä?

**O2:** Kun siihen liittyy niin paljon asioita et kaikki kun se on kuitenkin mun mielestä vähän isompi kokonaisuus joka jotenkin yhistelee asioita, niin sit siihen liittyy kaikki nää vanhat tiedot ja nämä, niin sit ne, et se ei oo vaan jotenkin valmis teoria.

Useat opiskelijat esittivät, että teorioiden paremmuudesta ja huonommuudesta voi olla montaa mieltä: esimerkiksi evoluutioteoria nähtiin pohjimmiltaan mielipideasiana. Useampikin opiskelija piti Bohrin atomimallia "totuutena" kun taas evoluutioteoriaa "teoriana", vaikka Bohrin mallin rajoitteet olisikin tiedetty; ei-tieteellinen erimielisyys evoluutiosta vaikutti teorian uskottavuuteen tai siihen, voidaanko sitä kutsua tiedoksi. Toiset opiskelijat viittasivatkin varsin relativistisella tavalla ajatukseen, että globalisaation myötä on vaikeampi sanoa, mikä on tieteellisesti totta. Eritoten maailman ja eliölajien synty nähtiin kysymyksinä, joihin ei voi saada objektiivista vastausta. Seuraavat kommentit evoluutiosta ja Bohrin atomimallista kuvaavatkin tällaisia ei-tieteellisiä tapoja arvioida tiedon uskottavuutta:

**O4:** Joo mut ei se [evoluutio] välttämättä oo [tietoa], koska voi just olla niitä vastakkaita näkemyksiä jotka on sit ristiriitaisia näkemyksiä siitä et onks se tietoo vai ei. Mut niihin varmasti liittyy muutkin kysymykset niinku et mitä halua uskaa niin.

**O6:** No mulle tää [Bohrin malli] on tietoo, et tää opetetaan koulussa, et ei sanota et erään teorian mukaan, koska aina jos sanotaan että erään teorian mukaan niin se on sellanen ehkä vaihtoehtonen. Tai et "tässä on meidän tieto, atomeja on olemassa erään teorian mukaan, on esitetty ihmisten koostuvan jostain pienistä yksisarvisista", tai jotain tällasta. Mulle tää on kyl tieto, kun se opetetaan silleen niin piste.

Osa opiskelijoista, kuten edellisistä lainauksista jälkimmäisen esittänyt, kokikin episteesimesti monimutkaiset rakenteet oppimisen kannalta vähemmän mielekkäiksi. Tiedon problematisointi saatettiin kokea tarpeettomaksi ja tyhjäksi pohdiskeluksi. Keskusteltaessa NOSK-kysymysten kiinnostavuudesta eräs opiskelija kertoikin, että luonnontieteellisissä oppiaineissa positiivista on tiedon suoraviivainen omaksuminen:

**O4:** Kun just tietees, joku kemia vaikka, kun siinä on aika selkeetä, et mulle opetetaan joku asia ja mä en rupee kyseenalaistaa sitä koska mua itteeni ei kiinnosta niin paljoo että mä jaksaisin ruveta miettii onks tää atomimalli nyt mahdollinen, muuta kun et mä voin miettiä et mitä välii tällasilla on, mut en mä rupee miettii onks tähän joku vaihtoehto. Silleen kiva et meille opetetaan ne asiat suoraan, koska mä en oo ite niin kiinnostunu et jaksaisin lähtee miettii onks se niin. Mä kyllä tykkään molemmista, se tavallaan vähän riippuu.



## 7 TULOSTEN TARKASTELUA

Kuten esimerkeiksi poimitut lainaukset osoittavat, haastatteluaineisto sisältää hyvin merkitysrikkaasta keskustelua. Opiskelijoiden käsitykset ja eritoten tavat esittää ajatuksiin vaikuttavat jossain määrin harjaantumattomilta. Olen pyrkinyt esittelemään näitä käsityksiä ja niiden ilmaisutapoja monipuolisesti perustellakseni yleisvaikutelmaa, joka näin muodostui. Esitän nyt yhteenvedon havainnoistani. Samalla esitän huomioita tuloksieni ja aiempien tutkimusten vastaavuudesta; käytännössä kaikki tutkimuksessa havaitut NOSK-käsitykset olivat selvästi linjassa aiempien tutkimusten kanssa (ks. luku 3).

Tieteellisen tiedon varmuuteen ja tunnistamiseen liittyvässä puheessa opiskelijat viittasivat tiedon varmaan ja todistettuun asemaan: tieto on valmista (ei enää teoria) kun se on varmistettu kokeita toistamalla (lineaarinen ja verifikationaarinen tiede). Tieto nähdään säännönmukaisuuden tunnistamisena pikemminkin kuin sen selittämisenä. Nämä piirteet on havaittu useissa tutkimuksissa lukioikäisille tyypillisiksi (Meyling 1997, Roth & Lucas 1997, McComas ym. 1998, Brickhouse 2000). Kokeiden ja systemaattisuuden nähtiin lisäävät tiedon luotettavuutta. Myös Abd-El-Khalick ja Lederman (2000) havaitsivat puhetta kokeiden ”todistavasta” vaikutuksesta. Toisaalta tietoon liitettiin vaihtelevissa määrin tentatiivisuuden piirteitä: tieto voi ainakin tarkentua, mahdollisesti kumoutuakin. Lukiolaisten NOSK-käsitykset ovat vaikuttaneet myös aiemmissä tutkimuksissa sisältävän ajatuksen tentatiivisuudesta (Lederman & O'Malley 1990, Kang ym. 2005). Opiskelijoiden puheessa ilmenee pyrkimys varmuuden ja tentatiivisuuden yhteensovittamiseen (vrt. Roth & Lucas 1997). Vastaavat käsityspiirteet ilmenevät myös atomimalleja koskevassa puheessa: atomimalli on tietoa, koska se on tutkimuksen tulos eikä sisällä epätotuuksia (absoluuttinen tiede). Tämäkin tulos on havaittu aiemmin (Kang ym. 2005, Abd-El-Khalick 2005). Tiedon varmuus saatettiin myös problematisoida ja keskittyä tiedon selitysvoinaan ja käytettävyyden tarkasteluun (vrt. Roth & Lucas 1997).

Tieteellinen tieto nähtiin luonteeltaan muuttuvana. Erityisesti tiedon nähtiin lisääntyvän, paranevan ja laajenevan. Vastaavan painotuksen on havainnut esimerkiksi Sandoval (2005). Opiskelijoiden näkemyksissä tieto saattaa myös korjata itseään. Teoriat muuttuvat ajan myötä tiedoksi (vrt. Kang ym. 2005, Sandoval 2005). Lisäksi teorioita kumotaan tai hylätään. Tiedon syntyprosessi käynnistyy havainnoinnista, kenties epäkohdan tunnistamisesta. Tiedon muuttumisen taustasyinä nähtiin esimerkiksi

muuttuva teknologia ja uusien ilmiöiden havaitseminen. Esimerkkeinä tieteellisen tiedon muutoksista tunnistettiin varsin rajallisesti esitieteellisen historian revolutionaariset muutokset. Tiede nähtiin tiedon muuttumiseen positiivisesti suhtautuvana pyrkimyksenä, ja nykyaikaisenkin tiedon kumoutumista katsottiin tapahtuvan.

Tieteellisen tiedon objektiivisuutta ei välttämättä problematisoitu. Tieto ja tietäminen nähtiin absoluuttisena ja havaitsijan rooli passiivisena. Tutkimus nähtiin pääosin luonteeltaan objektiivisena. Teoriapohjaisuutta ei välttämättä tunnistettu ollenkaan tai nähty subjektiivisuuden lähteenä. Tämäkin ajattelutapa vaikuttaa liittyvän ajatukseen tieteellisestä tiedosta joukkona induktiivisesti osoitettuja luonnon säännönmukaisuuksia. Myös näitä tyyppiä piirteitä on tunnistettu aiemmissa tutkimuksissa (Ryan & Aikenhead 1992, Meyling 1997, Brickhouse 2000, Kang ym. 2005) Osa opiskelijoista tiedosti oletukset, lähtökohdat ja tutkimusten tulkinnan subjektiivisina, mikä vastaa Careyn ja Smithin (1993) havaintoja lukiolaisten käsitysten muutoksista. Teoriat nähtiin subjektiivisina, yksilöiden aktiivisesti luomina rakenteina, jotka eivät välttämättä ole epävarmuutensa vuoksi arvokkaita. Keskusteluissa oli vahvasti läsnä ajatus yhdestä, löydettävissä olevasta totuudesta, jonka kuvaamisessa teoriat kilvoittelevat. Vahva eronteko selitysten ja lopulta löytyvässä objektiivisessa totuudessa on keskeinen osa myös Ledermanin (1992) ja Meylingin (1997) havaintoja. Näin myös Bohrin atomimalli nähtiin jossain määrin subjektiivisena representaationa objektiivisesta totuudesta (vrt. Kang ym. 2005, Abd-El-Khalick 2005). Tiede nähtiin tyypillisesti kulttuurin ulkopuolisena ja siitä riippumattomana toimintana, mikä vastaa Abd-El-Khalickin (2005) havaintoja.

Vaikka aineisto kattaa vain kahdeksan haastattelua, sisältää se suuren episteemisen kirjon. Laajimman tason huomio, jonka aineistosta tein, on se, että haastatellut lukiolaiset olivat pääasiassa hyvin kykeneviä keskustelemaan NOSK-käsityksistään. Käsityksissä myös esiintyi paljon vaihtelua jopa perustavanlaatuisiin kysymyksiin liittyen. On kiinnostava jatkotutkimuskysymys, homogenisoituvatko näkemykset tulevaisuudessa, mikäli opetus ja oppimateriaalit ottavat LOPSin asettamat NOS-tavoitteet suurempaan asemaan. Toisaalta, kuten Kang ym. (2005) ovat huomauttaneet, suuri osa opiskelijoista ei enää lukion jälkeen opiskele NOS-sisältöjä, joten haastattelussa saatu kuva antaa eräänlaisen kapean vilkaisun tulevien aikuisten tieteelliseen yleisivistykseen. Käsityksissä voi havaita monia ongelmallisia piirteitä, joiden yleisyyttä olisi tärkeää tutkia. Näistä nostaisin erityisesti esiin käsityksen tieteestä yksinkertaisena kysymisen ja vastaamisen prosessina. Aineistossani tähän liittyvät erityisesti keskustelua voimakkaasti läpäisevä ”todistamisen” diskurssi ja vaikeudet integroida teoriapohjaisuutta ja tentatiivisuutta tieteellisen tiedon yleiskuvaan. (vrt. Abd-El-Khalick

& Lederman 2000, Carey & Smith 1993) Ei-absoluuttista tietoa saatettiin myös pitää tarpeettomana (vrt. Meyling 1997), jolloin mallit saavat arvonsa suoraviivaisesta suhteestaan todellisuuteen pikemminkin kuin tekemiimme ennustuksiin.

Tarkasteltavaksi valitut luonnontieteellisen tiedon piirteet koettiin relevanteiksi opiskelijoiden käsityksien kuvaamisen kannalta. Opiskelijat saattoivat nähdä tieteellisen tiedon tentatiivisena mutta yksinkertaisena, varmana mutta periaatteessa muuttuvana ja objektiivisena pikemmin kuin subjektiivisena. Esitetyt käsitykset nojautuivat eriävissä määrin tieteellisen tiedon "todistettuun" asemaan. Haastattelujen koettiin tarjonneen runsaasti mahdollisuuksia monipuolistaa ja syventää ensimmäisten assosiaatioiden muovaamaa kuvaa, ja osa opiskelijoista problematisoikin esimerkiksi mallien ja todellisuuden välisen suhteen sekä teoriapohjaisen tiedon kysymyksiä. Myös ajatus teorioista henkilökohtaisina, tietoa vajavaisempina konstruktioina läpäisi aineistoa. On kuitenkin huomattava, että näiden varsin korkeatasoisten NOS-teemojen ulkopuolella opiskelijoiden käsitykset vaikuttivat nykyaikaisilta. Kiinnostava erityishuomio on opiskelijoiden selkeä valmius käydä perustavanlaatuisia NOS-keskustelua. Tutkimus koettiin antoisaksi ja onnistuneeksi. Tutkimukseni antaa näin varsin selkeitä suuntaviivoja sille, minkälaisin fokuksin uuden opetussuunnitelman mukaista NOS-opetusta voisi kehittää; ainakin yhdyn Hammerin ja Elbyn (2003) kantaan siitä, että myös NOSK-käsitysten johdonmukaisuudesta ja siirtovaikutuksesta tulisi puhua. Toisin sanoen NOSK-käsitysten tulisi yleistyä eri konteksteihin kuten abstraktiin tiedekeskusteluun ja käsityksiin atomimalleista.

Tutkimuksessa tiedostettiin myös joitain puutteita. Esimerkiksi kysymysten yleisluonteisuus tekee analyysistä hankalaa. Esimerkiksi tutkimuksen tulkitsemisen merkityksestä olisi voinut keskustella käsittelemällä fossiilitutkimuksia, Rutherfordin sirontakoetta tai muuta konkreettisempaa tutkimuskohdetta. Tässä tutkimuksessa olikin tehty tietoinen valinta ja käytetty kontekstuaalisia kysymyksiä (Bohrin atomimalli) tutkimuksen lopussa, jotta opiskelijan yleisiin tieteellisen tiedon subjektiivisuutta koskeviin käsityksiin pystyttiin pureutumaan ilman pelkoa esimerkkien valinnan vaikutuksesta. Tästä huolimatta kontekstuaalisia kysymyksiä olisi selvästi voinut esittää haastattelun lopussa enemmän. Opiskelijoiden kantoja olisi voinut myös pyrkiä haastamaan perusteellisemmalla tasolla esimerkiksi pyytämällä määritelmiä sanoille kuten "varma" ja "tieto". Käytämme arkipäivissämme käsitettä "varma" usein merkityksessä "hyvin todennäköinen", mutta eron tekeminen näiden välille on oleellista epistemologisia käsityksiä tutkittaessa. On toisaalta jännittävä huomata, että eräs opiskelija (ks. s. 31) antoi oma-aloitteisesti "epävarmalle teorialle" eräänlaisen

bayesilaisen todennäköisyyskertoimen (95% – mitä siis voisi olla “varman tiedon” kerroin?). Vaikuttaisi, että tieteellisen tiedon luonnetta voisi käsitellä teknisemminkin. Yhdyn tältä pohjalta toiseenkin Hammerin & Elbyn (2003) kantaan: “varmuuden” ja “epävarmuuden” sijaan olisi hyvä tunnistaa varmuuden asteittaisuus.

Kuten oletettiin, opiskelijat eivät lähestyneet kysymyksiä tieteenfilosofin tavoin. Kysyttäessä, onko haastattelun teemoista puhuttu kursseilla, opiskelijat totesivat, ettei kysymyksiä oltu juuri käsitelty. Opiskelijat muistivatkin lähinnä puhuneensa hypoteesin ja koeasetelman välisestä yhteydestä. Näin ollen haastattelut voidaan nähdä tilanteina, joissa opiskelijat pyrkivät muodostamaan tai sanallistamaan joitain NOSK-käsityksiään kenties ensimmäistä kertaa. Tällainen tulkinta asettaa opiskelijoiden puheen varsin lupaavaan valoon: tietoon liittyviä teemoja käsiteltiin monipuolisesti ja syvällisinkin nyanssein, vaikka erilaisten epistemologisten “tasojen” erottelu jäikin vähäiseksi. On oletettavaa, että NOSK-keskustelun harjoittelu edistäisi ilmaistujen käsitysten kypsyttämistä ja selkeyttä. Havaintoni antavat viitteitä siitä, että useimpien haastateltujen opiskelijoiden NOSK-käsitykset ovat laajentuneet kattamaan varsin hienostuneitakin rakenteita, mutta nämä toimivat tieteellisessä ajattelussa yhteydessä yksinkertaisempiin malleihin. Opiskelijoiden taipumus olla erottelematta näitä tasoja ja harjaantumattomuus näiden yhteensovittamisessa vaatisi kuitenkin tarkempaa ja otannaltaan laajempaa tutkimusta. Oma analyysini osoittaa ensisijaisesti, millaisista tieteenfilosofisista tiedoista ja episteemisistä resursseista yksittäisten opiskelijoiden käsitysprofiilit voisivat rakentua.

Ajoittain syntyi vaikutelma, että opiskelijat eivät kokeneet tärkeäksi pyrkiä problematisoimaan yksinkertaisia käsityksiä. Tämän voi tulkita NOSK-käsitysten harjaantumattomuudeksi ja episteemisen kognition rajoittuneisuudeksi, mutta lienee myös mahdollista, että opiskelijat käyttävät puheessaan (ja ajattelussaan) mielikuvaa varmasta, pysyvästä ja objektiivisesta tieteellisestä tiedosta eräänlaisena perusteltuna yksinkertaistuksena. Jos opiskelijat puhuvat tieteestä ulkopuolisen silmin, on *suhteellinen* luotettavuus tieteen kuvaamisen kannalta relevantimpaa kuin episteeminen problematisointi. Eräs kiinnostava tutkimuskysymys onkin, osaisivatko opiskelijat problematisoida tieteen piirteitä paremmin esimerkiksi filosofian tunnilla tai muussa luonnollisemmassa keskustelukontekstissa. Kenties opiskelijoiden käsityksiä rajoittaa NOSK-tietämyksen lisäksi vähäinen arvostus tieteellisten prosessien laajaskaalaista analysointia kohtaan. Haastattelutilanteessa ei esimerkiksi erityisesti perusteltu, miksi nämä kysymykset ovat tärkeitä. Toisaalta opiskelijoita kannustettiin pohtimaan ajatuksiaan rohkeasti ääneen.

Onkin hyvä tunnustaa, että opiskelijan tiedekäsitykset pitävät sisällään useita tasoja. Eräs esimerkki perustavanlaatuisesta tasosta on havaintojen teoriapohjaisuuden käsitys, kun taas atomimallin episteeminen asema on selvästi tarkempi kysymys. Nämä käsitykset ovat väistämättä vuorovaikutuksessa paitsi opiskelijan episteemisen kognition ja maailmankuvan, myös lukuisten analyyttisten ja asenteellisten asenteiden kanssa. On esimerkiksi kiinnostava kysymys, miten opiskelijoiden medialukutaito vaikuttaa tapaan lähestyä kysymyksiä tiedon subjektiivisuudesta: on mahdollista, että koulussa opitut yleiset media- ja lähdekriittisyyden välineet vaikuttavat NOSK-käsitysten piirteisiin. Tällöin olisi esimerkiksi oletettavaa havaita tieteellisen tiedon virhelähteisiin liittyvien käsitysten keskittyvän tietoiseen puolueellisuuteen pikemmin kuin teoreettisiin oletuksiin. Opiskelijoiden käsitykset tieteen virhelähteistä keskittyivätkin puolueellisuuteen ja käytännön virheisiin.

Myös historiankäsitys ja ihmiskuva vaikuttavat väistämättä NOSK-käsityksiin. On luultavaa, että opiskelijoiden tieteenhistorian tiedot vaikuttavat käsityksiin tieteestä yleensä. Lineaarisen tiedon edistymisen ja kasautumisen narratiivia olisikin kenties syytä täydentää kuvalla, jossa tieto tarkentuu, tulee ristiriitaiseksi ja rakentuu uudestaan (revolutionaarinen tiede). Opiskelijat viittasivat haastatteluissa tieteenhistoriaan tai todellisiin tutkimuksiin hyvin harvoin (vrt. Abd-El-Khalick 2005). Onkin hyvä kysyä, millaisia NOSK-käsityksiä odotamme havaitsevamme keskustellessamme sellaisen henkilön kanssa, joka ei ole juuri saanut tieteenhistoriaan tai tieteen luonteeseen liittyvää koulutusta vaan on opiskellut nimenomaan tieteen vakiintuneita, yleisesti validoituja tuloksia. Tutkimushaastatteluissa ainakin painovoimaan ja atomimalleihin sekä yleisesti klassisen ja modernin fysiikan suhteeseen liittyvä keskustelu oli usein arvailevaa ja pintapuolista, koska opiskelijat olivat selvästi sitoutuneita klassiseen fysiikkaan.

Kun katsomme tässä tutkielmassa tekemiäni havaintoja lukiolaisten NOSK-käsityksistä, näemme kuinka opiskelijoiden oppimiseen virittyneet mielet pyrkivät vaihtelevan harjaantunein tavoin muodostamaan opetuksen välittämästä sisällöstä mielekkäitä kokonaisuuksia. On huolestuttavaa, mikäli opiskelijat jätetään tämän laajaskaalaisen prosessin kanssa yksin. Globaali informaatioajan maailma on täynnä mustavalkoista ajattelua haastavia kokemuksia ja diskursseja, joihin osallistuminen vaatii kykyä ymmärtää inhimillisen tietämisen ja tutkimisen periaatteita ja problemaattisuutta. Lukiolaiset vaikuttaisivat myös olevan pääosin kyllin kypsiä osallistumaan keskusteluun siitä, mitä tiedämme maailmasta ja paikastamme siinä.

Moni saattaa kuitenkin kysyä, miten tärkeää lukiolaisen on oppia ajattelemaan tieteenfilosofin tavoin; eikö fysiikan tietosisältö ole tärkeämpää? Tällainen ajattelu ei nähdäkseni tiedosta, miten paljon NOSK-käsitykset yksilön tiedetaitoja läpäisevät. Pohjaoletuksien vaikutuksen tiedostaminen on äärimmäisen tärkeää niin kokeellisessa kuin teoreettisessakin fysiikassa. Tieteellisen tiedon tentatiivisuus asettaa haastavia kysymyksiä yhtä lailla yksilöille, yhteiskunnille ja tieteenaloille. On hyvä kysymys, minkä takia esimerkiksi teorian käsitteen, tieteen episteemisen rakenteen ja tulkitaan perustuvan tutkimuksen kysymykset on jätetty opiskelijoiden ja opettajien oman kiinnostuksen varaan. Tämä pieni tutkielma antaa pieniä viitteitä siihen, minkätyyppisiä haasteita ja mahdollisuuksia perinpohjaisempi NOS-opetus voisi kohdata. On positiivista, että opiskelijoiden tiedekäsitykset ovat luottavaisia ja myönteisiä, mutta niin tuleva tutkija kuin kriittinen kansalainenkin ovat väärinkäsityksen uhreja, mikäli tieteellinen tutkimus koetaan prosessiksi, jossa todellisuus muuttuu tutkijan kautta tiedoksi.

Lukion opetussuunnitelman juuri uudistuttua on hyvä hetki pysähtyä katsomaan opetuksen kehittymisen suuntaviivoja laajassakin perspektiivissä. On kyseenalaista olettaa, että pelkkä tiedon omaksuminen riittää tuottamaan sitä tieteellisen toiminnan ja tiedon ymmärrystä, jota nykyaikainen ihminen tarvitsee. Tarvitsemme opetusta, joka tiedostaa, etteivät tietäminen ja osaaminen synny irrallisten palasten asettuessa paikalleen; asiantuntijuus, kuten tiedekin, on aktiivista merkitysten rakentamista. NOS-teemojen arvostuksen lisääntyminen olisi yksi askel kohti kokonaisvaltaisempaa ja kontekstuaalisempaa globaalia kasvatusta, jossa inhimillisen toiminnan ja luonnonilmiöiden ymmärrys nidottaisiin eheäksi, maailmaa kokonaisuutena kuvaavaksi sivistykseksi.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Fysiikan opetuksella ja tiedekasvatuksella yleensä on useita tehtäviä, joista tieteellisen tiedon ja osaamisen siirtäminen sukupolvelta toiselle on vain yksi osa. Lukiolaisen odotetaan kasvavan tieteelliseen maailmankuvaan ja ajatteluun, jossa tieteellisen tiedon omaksuminen, ymmärtäminen, arvioiminen, käyttäminen ja tuottaminen ovat mahdollisia. Vaikka tieteen tai siihen liittyvän tiedon tarkka määrittely on hankalaa, on tärkeää, että lukiolaisen käsitykset opitun tiedon luonteesta ovat todenmukaiset. Hyvät NOSK-käsitykset tukevat oppimista ja valmistavat kansalaisuuteen tieteellisessä maailmassa. Tiedeopetus myös tarjoaa mahdollisuuksia auttaa opiskelijoita ymmärtämään tiedon ja tietämisen monimutkaisuutta ja yhdistämään siten käsitys tieteellisen tiedon tentatiivisuudesta, muuttuvuudesta ja subjektiivisuudesta sen luotettavuuteen ja systemaattisuuteen.

Olen tutkimuksessani keskittynyt havainnoimaan tiettyjä NOSK-käsitysten tyyppipiirteitä kahdeksan haastattelua kattavasta aineistosta. Analyysini keskiössä ovat se, miten haastateltujen lukiolaisten puheessa ilmenevät käsitykset tieteellisen tiedon varmuudesta ja varmuuden tunnistamisesta, pysyvyydestä ja muutoksista sekä subjektiivisuudesta ja objektiivisuudesta. Haastattelututkimukseen liittyy erottamattomasti joitakin ongelmia. Haastattelutilanteella on aina jonkinlainen vaikutus haastattelun kulkuun ja siten myös puheessa esiintyviin käsityksiin. Toisaalta ei myöskään ole selvää, miten hyvin opiskelijoiden puhe vastaa niitä NOSK-käsityksiä, joiden kehyksessä opiskelija todella hahmottaa tieteellisen tiedon niin oppimistilanteissa kuin koulun ulkopuolellakin. Opiskelijoiden välisissä käsityksissä esiintyi jonkin verran eroavaisuuksia, ja lisäksi opiskelijat saattoivat esittää jossain määrin ristiriitaisia ajatuksia haastattelun eri vaiheissa. Osa opiskelijoista esitti verrattain kypsempiä NOSK-käsityksiä.

Tieteellisen tiedon varmuuteen ja tunnistamiseen liittyvässä puheessa opiskelijat viittasivat tiedon varmaan ja todistettuun asemaan. Tieteentekijät laativat luovuuden keinoin teorioita, joiden todenmukaisuus varmistetaan toistokokeilla. Näin ”teoriat” muuttuvat ”tiedoksi”; tieto tulee vähitellen varmaksi, vaikka toisaalta tieto voi ainakin periaatteessa muuttua tulevaisuudessa. Tiedon varmuuden tunnistaminen olikin problematisoitu vaihtelevissa määrin. Tutkimuksessa esimerkkitilanteina käytetty Bohrin atomimalli ilmentää tätä lineaarista tiedekäsitystä: atomin rakenne on havaittu suoraan, joten siitä voidaan piirtää hahmotelmia. Malli saattaa kuitenkin tarkentua, mutta koska havainnot eivät valehtele, malli ei sisällä epätotojuuksia. Mallit ja todellisuus

saatettiin erottaa toisistaan myös mielekkäällä tavalla, jolloin mallin tarkoitus on esimerkiksi auttaa oppimaan ilmiön perusteet.

Tieteellinen tieto nähtiin luonteeltaan muuttuvana. Erityisesti tiedon nähtiin lisääntyvän, paranevan ja laajenevan. Tieteen nähtiin olevan avointa tiedon muutoksilla, mutta vanhan tiedon kumoutumista ei pääosin pidetty merkittävän yleisenä. Opiskelijat pohtivat tieteellisen tiedon muuttumista tyypillisesti harvojen ja yksittäisten esimerkkien turvin. Tällaisia esimerkkejä olivat maailman synty, maapallon pyöreys ja aurinkokunnan rakenne.

Tieteellisen tiedon objektiivisuutta ei välttämättä problematisoitu, vaan tieto ja tietäminen nähtiin absoluuttisena. Havaittajan rooli nähtiin passiivisena: useimmat opiskelijat eivät puhuneet tutkimusten tulkinnan merkityksestä tai tieteellisen tiedon kumulatiivisesta, teoriapohjaisesta luonteesta. Näin tutkimus samastettiin ilmiöiden löytämiseen ja valmiin tiedon ylöskirjaamiseen. Ihmisen katsottiin pääsevän varsin suoraviivaisesti kiinni todellisuuden objektiiviseen rakenteeseen. Tiede myös irrotettiin tyypillisesti muusta ihmisen toiminnasta ja ajattelusta siten, ettei sitä nähty vaikutteille alttiina. Osa opiskelijoista tiedosti kuitenkin ainakin joitain tieteellisen tiedon subjektiivisuuden piirteitä.

Yleisvaikutelma opiskelijoiden NOSK-käsityksistä on yhtäältä huolestuttava mutta toisaalta lupaava. Monet opiskelijoiden esittämät käsitykset ovat perustavanlaatuisesti ongelmallisia, mutta toisaalta opiskelijoilla vaikutti olevan tarvittavat episteemisen kognition välineet NOSK-kysymysten pohtimiseen. Lisäksi on huomioitava, etteivät opiskelijat omien muistojensa mukaan olleet koulussa keskustelleet tieteellisen tiedon luonteesta. Tutkimukseni antaakin vähintään anekdotaalisia viitteitä siitä, millaisia piirteitä opiskelijoiden NOSK-käsityksissä voidaan olettaa esiintyvän nykypäivän Suomessa. Samalla tutkimukseni antaa mielikuvia siitä, millaisiin teemoihin ja käsityksiin toivon mukaan edelleen kehittyvä NOSK-opetus voisi keskittyä. Toivonkin, että tutkimukseni suppeudesta huolimatta on riittävä osoittamaan, että lukiolaisten NOSK-käsitysten kehittämiseksi on tarvetta, välineitä ja mahdollisuuksia.



# LÄHTEET

Abd-El-Khalick, F. & N. G. Lederman (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of research in science teaching* 2000:10, 1057-1095.

Abd-El-Khalick, F., S. Boujaoude, R. Duschl, N. G. Lederman, R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, M. Niaz, D. Treagust & H. L. Tuan (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education* 2004:3, 397-419.

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education* 2005:1, 15-42.

Aikenhead, G. & R. Fleming & A. Ryan (1987). High- school graduates' beliefs about science- technology- society. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education* 1987:2, 145-161.

Aikenhead, G. & O. Jegede (1993). Cross-Cultural Science Education: A Cognitive Explanation of a Cultural Phenomenon. *Journal of Research in Science Teaching* 1993:3, 269-287.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education* 2011:3, 518-542.

Alters, B. (1997). Whose nature of science? *Journal of research in science teaching* 1997:1, 39-55.

Berger, K. (2008). *The Developing Person through the Life Span*. New York: Worth Publishers.

Brickhouse, N. W., Z. R. Dagher, I. V. Letts, J. William & H. L. Shipman (2000). Diversity of students' views about evidence, theory, and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching* 2000:4, 340-362.

Bromme, R. & S. Goldman (2014). The Public's Bounded Understanding of Science, *Educational Psychologist* 2014:2, 56-59.

Burbules, N. C. & M. C. Linn (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education* 1991:3, 227-241.

Carey, S. & C. Smith (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational psychologist* 1993:3, 235-251.

Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education* 2006:5, 463-494.

Cobern, W. (1991). *World View Theory and Science Education Research*. *Narst Monograph* 1991:3.

Cohen, L. & L. Manion & K. Morrison (2007). Research methods in education. 6. painos. Abingdon: Routledge.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in science teaching* 2000:6, 582-601.

Duschl R. A. & J. Osborne (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education* 2002:1, 39-72.

Eflin, J.T., S. Glennan & G. Reisch (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching* 1999:1, 107-116.

Erduran, S., & M. Jiménez-Aleixandre (2008). Argumentation in Science Education: An Overview. Teoksessa Erduran, S., & M. Jiménez-Aleixandre (toim.). Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research. New York: Springer, 3-28.

Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction* 1994:2, 151-183

Hammer, D. & A. Elby (2003). Tapping epistemological resources for learning physics. *The Journal of the Learning Sciences* 2003:1, 53-90.

Hammerich, P. L. (1998). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. Teoksessa McComas, W. (toim.). The nature of science in science education. New York: Kluwer Academic Publishers, 127-136.

Hofer, B. & P. Pintrich (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of educational research* 1997:1, 88-140

Hofer, B. (2004). Exploring the dimensions of personal epistemology in differing classroom contexts: Student interpretations during the first year of college. *Contemporary Educational Psychology* 2004:2, 129-163.

Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education* 2000:1, 51-70.

Holbrook, J. & M. Rannikmae (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education* 2007:11, 1347-1362.

Hoyningen-Huene, P. (2013). Systematicity: The nature of science. Oxford University Press.

Höttecke, D. & C. C. Silva (2011). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. *Science & Education* 2011:3-4, 293-316.

Justi, R. & J. Gilbert. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *International journal of science education* 2000:9, 993-1009.

Kang, S., L. C. Scharmann & T. Noh (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education* 2005:2, 314-334.

Lakin, S. & J. Wellington (1994). Who will teach the 'nature of science'? Teachers' views of science and their implications for science education. *International journal of Science education* 1994:2, 175-190.

Leach, J., A. Hind & J. Ryder (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education* 2003:6, 831-848.

Lederman, N. G. & M. O'Malley (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education* 1990:2, 225-239.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching* 1992:4, 331-359.

Lederman, N., P. Wade & R. L. Bell (1998). Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective. Teoksessa McComas, W. (toim.). The nature of science in science education. New York: Kluwer Academic Publishers, 331-350.

Lederman, N. G., F. Abd-El-Khalick, R. L. Bell, & R. S. Schwartz (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching* 2002:6, 497-521.

Matthews, M. R. (2000) Introductory comments on philosophy and constructivism in science education. *Science & Education* 2000:6, 491-505.

McComas, W. & H. Almazroa & M. Clough (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education* 1998:6, 511-532.

Meyling, H. (1997). How to change students conceptions of the epistemology of science. *Science & Education* 1997:4, 397-416

Monk, M. & J. Osborne (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science education* 1997:4, 405-424.

Niiniluoto, I. & L. Haaparanta (2016). Johdatus tieteelliseen ajatteluun. Helsinki: Gaudeamus.

O'Loughlin, M. (1992). Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of research in science teaching* 1992:8, 791-820.

Opetushallitus (2003). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Opetushallitus (2015). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Helsinki: Next Print.

Osborne, J. & J. Dillon (2008). Science education in Europe: Critical reflections (Vol. 13). Lontoo: The Nuffield Foundation.

Poole, D. (1994). Routine Testing Practices and the Linguistic Construction of Knowledge. *Cognition and Instruction* 1994:2, 125-150.

Porter, T. M. (1996). Trust in numbers: The pursuit of objectivity in science and public life. Princeton: Princeton University Press.

Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies* 2000:3, 403-419.

Ryan, A. & G. Aikenhead (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education* 1992:6, 559-580.

Roth, W-M. & K. Lucas (1997). From "truth" to "invented reality": A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching* 1997:2, 145-179.

Sadler, T. D., F. W. Chambers & D. L. Zeidler (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education* 2004:4, 387-409.

Sandoval, W. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 2005:4, 634–656.

Sandoval, W. & I. Bråten & J. Greene (2016). Understanding and Promoting Thinking About Knowledge: Origins, Issues, and Future Directions of Research on Epistemic Cognition. *Review of Research in Education* 2016:1, 457-496.

Sandoval, W. & K. Millwood (2008). What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? Teoksessa Erduran, S., & M. Jiménez-Aleixandre (toim.). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. New York: Springer, 71-88.

Schwartz, R. S., N. G. Lederman & B. A. Crawford (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education* 2004:4, 610-645.

Vesterinen, V-M. (2012). *Nature of Science for Chemistry Education: Design of Chemistry Teacher Education Course*. Helsinki: Unigrafia.

Zeidler, D. & T. Sadler, T. & M. Simmons & E. Howes (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education* 2005:3, 357-377.

# LIITE 1: HAASTATTELURUNKO

Toivotetaan tervetulleeksi. Tutkimustilanteen esittely. Teen gradua eli yliopiston lopputyötä, sitten olen valmis opettaja. Kannustetaan puhumaan vapaasti. Suostumus nauhoitukseen, anonymiteetti ja aineiston käyttö. Taustakysymykset: miten menee lukiossa, mitä aineita opiskelee, miten suhtautuu luonnontiedeaineisiin ja filosofiaan? Sovitaan että rajoitutaan nyt tieteestä puhuessa luonnontieteisiin (FY, KE, BI).

## 1. (LUONNON)TIETEELLINEN TIETO.

- a) Mitä on **tieteellinen tieto**? Mitä tulee mieleen, mitä piirteitä?
  - i) Mikä on laadukasta tai ei-laadukasta tieteellistä tietoa?
- b) Miten **pysyvää**/lopullista tai muuttuvaa/**epävarmaa** luonnontieteellinen tieto on?
  - i) **Miten muuttuu?**
  - ii) **Miten syntyy?**
  - iii) Tieteentekijät tekevät paljon **kokeita**. Mikä on kokeiden merkitys?
- c) Vaikuttaako tutkijan persoona tutkimukseen? Entä hänen kulttuuritaustansa? Entä ajanjakso, jolloin tutkimus tehdään?
- d) Mitä **koulussa** on puhuttu **tieteellisestä tiedosta**? Ilmeneekö opettajasta, kirjasta tai muusta mitä pitäisi ajatella? Millainen kuva tieteellisestä tiedosta on pyritty antamaan luonnontiedeaineissa? Onko miettinyt asiaa koulun ulkopuolella?
- e) Onko käsityksesi (tieteellisestä tiedosta) **muuttunut** sitten yläkouluaikojen? Uskotko sen muuttuvan edelleen?

## 2. (LUONNON)TIETEELLISET TEORIAT.

- a) Mikä on tieteellinen **teoria**? Mitä piirteitä teorioilla on?
  - i) Mikä, jos jokin, tekee teorian hyväksi tai huonoksi?
- b) Miten **teoriat** liittyvät tieteelliseen **tietoon**? Mikä on näiden välinen suhde/yhteys?
- c) Miten teoriat liittyvät **tutkimukseen**?
- d) Miten **teoriat** syntyvät?
  - i) **Luodaanko vai löydetäänkö** teoriat? Kumpi luontevampi tapa ajatella ja miksi?
- e) Mihin teorioita käytetään?

f) [Näytä havainnekuva Bohrin atomimallista.] Mitä kuvasta tulee mieleen? Miten kuva mielestäsi liittyy “tietoon”? Entä “teoriaan”?

Lopuksi: miltä tuntuu? Mitä haluaisit vielä sanoa?

[Kiitokset osallistumisesta, haastattelupalkkio]

Uskomus / käsitys	Haastattelukysymykset
Tieteellisen tiedon määritelmä (varmaa tietoa tai selittäviä teorioita)	1a, 2b, 2e, 2f
Tieteellinen tieto ongelmaton (selvästi totta tai epätotta)	1a-i, 2b, 2f
Tieteellisen tiedon pysyvyys ja muutos	1b, 1b-i, 2f
Tieteellinen tieto löydetään tai luodaan	1b-ii, 2b, 2d, 2d-i, 2f
Kokeet verifioivia tai falsifioivia	1b-i, 2c
Tieteellinen toiminta objektiivista tai subjektiivista	1c, 2d-i, 2f
Tieteellinen toiminta teoriaperusteista / tulkinta	1c, 2b, 2c, 2d-i, 2e
Teoria “keskeneräistä tietoa” tai “perusteltu selittävä tietorakenne”	2a, 2d, 2d-i, 2e
Teorialla ongelmaton suhde todellisuuteen	2a-i, 2b, 2c, 2d, 2f
Tiede on faktoja, jotka koulussa opitaan	1d
Käsitysten taustat: muutos ja vaikutteet	1e

*Taulukko 1. Kooste havainnoitavista NOSK-käsitysten tyyppipiirteistä sekä näitä vastaavat haastattelukysymykset.*